DAS ERDMAGNETISCHE FELD IM NEUEN PHYSIKALISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT LEIPZIG

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR
ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
DER
HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT LEIPZIG

VORGELEGT VON
OTTO JOHANNES BIER
AUS FREIBERG I. SA.

1914
DRUCK VON JULIUS KLINKHARDT IN LEIPZIG.

Angenommen von der III. Sektion auf Grund der Gutachten der Herren Wiener und Des Coudres.

Leipzig, den 29. Januar 1914.

Der Procancellar
Kirchner.

Inhalt.

Das neue physikalische Institut.

Das neue physikalische Institut der Universität Leipzig liegt in der Linnéstraße zwischen dem physikalisch-chemischen Institut und den Beamtenhäusern der Haaseschen Stiftung und wurde in den Jahren 1901—1904 erbaut und Herbst 1904 bezogen.

Über die Anlage des Instituts und die Verteilung der Zimmer auf die einzelnen Geschosse geben die beiliegenden Pläne Aufschluß.

Für die vorliegende Abhandlung ist es von Wert, genauer auf einige Punkte der inneren Einrichtung[1]) des neuen Instituts hinzuweisen.

Wie in den meisten modernen Bauten wurde auch im Neubau des physikalischen Instituts von Eisenmaterial ein umfangreicher Gebrauch gemacht. Das Institut besitzt Zentralheizung; die Niederdruckdampfanlage, die von vier Kesseln von je etwa 2 cbm Wasserinhalt und 38,5 qm Heizfläche betrieben wird, ist im Ostflügel des Gebäudes untergebracht. Von den übrigen Anlagen verdienen besonders diejenigen für Preß- und Saugluft in dem südöstlichen Teil des Instituts Erwähnung und natürlich die elektrische Anlage für Versuchszwecke und zur Beleuchtung. So gehen durch das ganze Institut vier Kabel mit 2 × 220 Volt Spannung, die an das städtische Elektrizitätswerk angeschlossen sind und in den Hörsälen und an den anderen Arbeitsstellen ohne weiteres durch doppelpolige Schalter entnommen werden können. Für den inneren Dienst ist eine Klingel- und Telephonanlage geschaffen worden, die ein rasches Verständigen zweier oder mehrerer an entfernten Punkten sich befindender Personen ermöglicht. Eine elektrische Uhren- und Zeitsignalanlage vervollständigt den inneren Ausbau des neuen Institutsgebäudes.

In einem Gebäude, das so viel Eisenmassen aufweist, und in dem man die Elektrizität in allen ihren modernen Anwendungen zur Verfügung hat, ist man naturgemäß bei der Vornahme elektrischer und magnetischer Untersuchungen manchen Überraschungen ausgesetzt. Es erscheint deshalb wichtig, die Eigenschaften eines solchen magne-

---

[1]) Die näheren Angaben sind entnommen der »Festschrift zum 500jährigen Jubiläum der Universität Leipzig“, Otto Wiener und Theodor des Coudres, das physikalische und das theoretisch-physikalische Institut.

tischen Feldes etwas genauer kennen zu lernen. Ich habe nun gern der Anregung des Herrn Professor Wiener Folge gegeben und das Magnetfeld im Innern des neuen Instituts sowie in dessen näherer Umgebung des Genaueren untersucht. Gleichzeitig habe ich damit eine Messung der erdmagnetischen Konstanten von Leipzig verbunden.

„Magnetische Warte“ und Registrieranlage.

Da sich naturgemäß die lokalen Untersuchungen über größere Zeiträume erstrecken, während welcher das durch keine örtlichen Einflüsse gestörte erdmagnetische Feld mancherlei Änderungen, regelmäßiger oder unregelmäßiger Art, unterworfen ist, so war die erste Forderung, sich Kenntnis von diesen zeitlichen Variationen der einzelnen Elemente zu verschaffen. Nach dem Vorbilde der magnetischen Observatorien wurden die Änderungen auf photographischem Wege fixiert. In einem kleinen Häuschen, das außerhalb des Institutsgebäudes an einem möglichst ungestörten Platz lag, und in dem beim Bau jedes Stückchen Eisen vermieden war, wurden die sogenannten „Standinstrumente“ untergebracht (Abb. 1). Ein „einfaches Magnetometer“ zeigte die Änderungen der Deklination an, während ein „Variometer mit vier Ablenkungsstäben“ von F. Kohlrausch Aufschluß über die zeitlichen Änderungen der Horizontalintensität gab. Da die „magnetische Warte“ fast genau in der N/S-Richtung gelegen war, konnten trotz des beschränkten Raumes (3,5 m × 5 m) die erforderlichen Apparate bequem Aufstellung finden. Die photographische Registrieranlage, die nur vorübergehend benutzt werden sollte und daher nur auf das einfachste eingerichtet werden konnte, ist zu ebener Erde aufgebaut und setzt sich zusammen aus:

1. dem einfachen Magnetometer M_1 und dem Vierstabvariometer M_2,
2. den beiden Lichtquellen L_1, L_2,
3. den beiden total reflektierenden Prismen P_1 und P_2 und
4. dem Kymographion K. (Abb. 2.)

Als Lichtquelle wurde eine Nernstlampe verwendet; diese warf das Bild eines vor ihr vertikal aufgestellten schmalen Spaltes auf den Spiegel des betreffenden Instrumentes, der die Lichtstrahlen nach einem der Prismen warf, das sie dann nach der Trommel des Kymographions total reflektierte. Zwischen den Spalt und den Magnetometerspiegel wurde noch ein photographisches Objektiv von entsprechender Brennweite eingeschaltet. Die drei Teile der Lichtanlage, Nernstlampe, Spalt, Objektiv waren auf einer schweren, stabilen

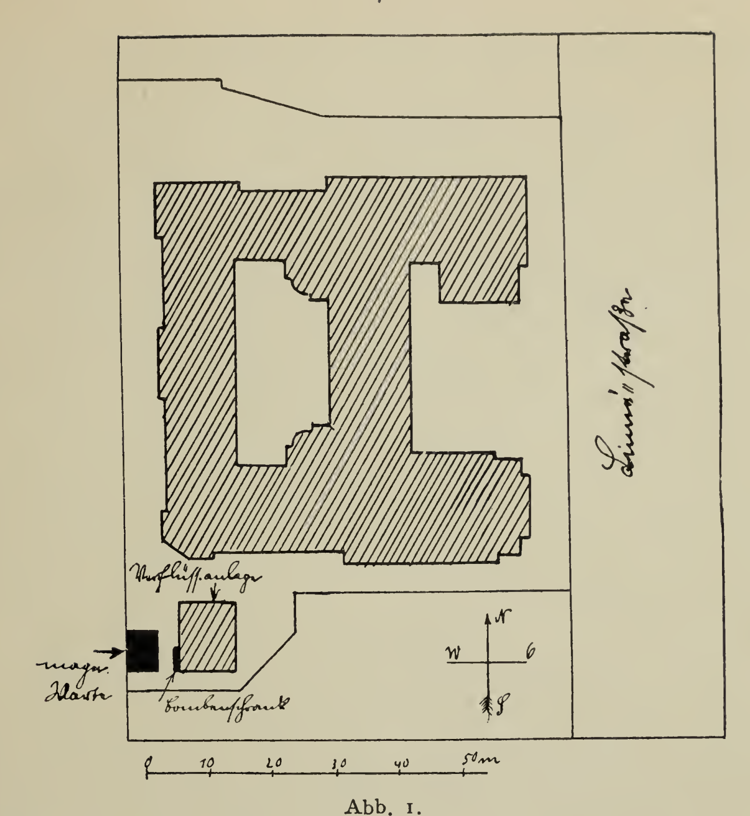


Abb. 1.

Schlittenvorrichtung aus Messing leicht verschiebbar angebracht, und, um jeden störenden Lichtstrahl in der magnetischen Warte zu beseitigen, in einen innen geschwärzten Holzkasten gestellt, der nur vorn eine mit einem langen Tubus versehene Öffnung hatte, und dessen eine Wand aufklappbar eingerichtet war.

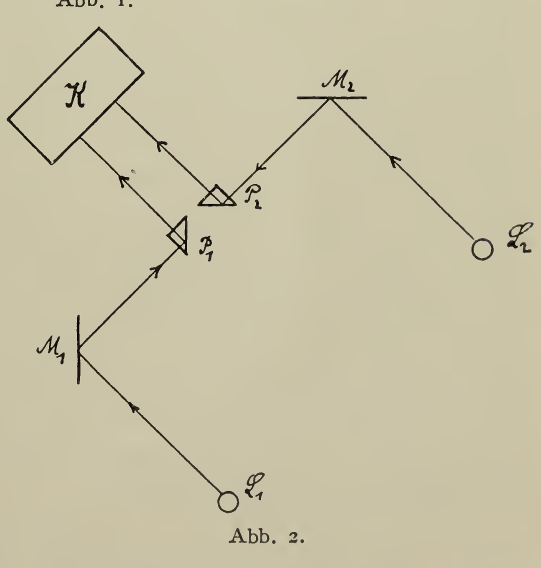


Abb. 2.

Das Kymographion, von der Firma Zimmermann-Leipzig geliefert, hatte eine Umlaufszeit von 3 bis 15 Stunden und eine Laufzeit von 24 Stunden. Der von dem Prisma reflektierte Strahl traf die mit lichtempfindlichem Papier überzogene

Walze, die noch seitlich verschoben werden konnte. Die Umlaufszeit wurde nun so eingerichtet, daß die ganze Breite des Papieres (18 cm) bei eingestellter Verschiebung ausgenutzt werden konnte. Durch die Versuche stellte es sich heraus, daß bei fünfmaliger Umdrehung innerhalb 24 Stunden die aufgezeichneten Kurven noch scharf voneinander getrennt werden konnten. Die Walze des Kymographions war von einem Holzkasten umgeben, dessen vordere Wand einen schmalen horizontalen Schlitz aufwies, so daß das Bild des vertikalen Spaltes tatsächlich nur eine punktförmige Linie auf dem Papier aufzeichnete. Die Vorderwand dieses Holzkastens war aufklappbar eingerichtet, damit das Bild des Spaltes scharf auf die Walze, die dicht am Spalt vorüberlief, eingestellt werden konnte. Neben dem einfachen Magnetometer M_1 war noch ein fester Spiegel aufgestellt, der ebenfalls das Bild des Spaltes auf die Walze warf und dort die sogenannte „Standlinie" hervorbrachte. Um in dem Liniengewirr sich rasch zurechtfinden zu können, wurden Zeitmarken angebracht. Es wurde in der Warte eine Uhr aufgestellt, die an die Normalsekundenuhr des Instituts angeschlossen war und aller zehn Minuten durch einen Schleifkontakt einen Nebenstromkreis schloß, in dem ein Elektromagnet erregt wurde, der eine unterhalb des horizontalen Spaltes vor der Trommel liegende Schiene anzog und so auf einige Sekunden den Lichtstrahlen den Zugang zur Trommel wehrte. Die streuenden Wirkungen des Elektromagneten wurden durch einen weichen Eisenzylinder, der den Magneten ganz umgab, beseitigt; und so sind denn auf die Variometer auch nicht die geringsten Einflüsse festzustellen gewesen. Alle die genannten Vorrichtungen standen auf festen steinernen Stativen in einer Höhe von 1,10 m über dem Erdboden. Ein Übelstand in der magnetischen Warte war der, daß dieser Raum nicht geheizt werden konnte und durch einige Öffnungen direkt mit der Außenluft in Verbindung stand. Die Feuchtigkeitsschwankungen der äußeren Atmosphäre machten sich recht unliebsam durch öfteres Versagen der Brenner der Nernstlampen bemerkbar. Wegen der mitunter beträchtlichen Temperaturschwankungen war es erforderlich, einen Thermographen aufzustellen; denn die Magnetometer werden durch die Temperatur stark beeinflußt und nur bei Kenntnis der Temperaturdifferenzen kann mit Hilfe des „Temperaturkoeffizienten" (S. 11) der durch die Änderung der Temperatur bedingte Anteil der registrierten Variationen berechnet und so der wahre Wert der zeitlichen Änderungen der Elemente des Erdmagnetismus erhalten werden. Bei den registrierten Kurven entspricht eine Verschiebung der $\mathfrak{H}$kurve um 1 mm einer Änderung von

0,00015 $\mathfrak{H}$, während eine gleich große Verschiebung der D-Kurve eine Variation von 3′ 15″ anzeigt. (Abb. 14; S. 43.)

Anfangs war die magnetische Warte so entfernt von den Maschinen und Starkstromanlagen des Instituts, daß man eine direkte Einwirkung von dieser Seite kaum mehr annehmen konnte. Als dann aber im Jahre 1909 in unmittelbarer Nähe der Warte (Abb. 1) eine Verflüssigungsanlage für Luft und Wasserstoff errichtet werden sollte, lag die Vermutung nahe, daß damit die magnetische Warte ihrem eigentlichen Zwecke nicht mehr würde dienen können. Im Lichthof des Instituts angestellte Versuche hatten ergeben, daß ein Elektromotor von der Größe, wie er in der neuen Anlage verwendet werden sollte, so gut gegen Streuung geschützt war, daß eine Störung des Magnetfeldes in einem Umkreis von zwei bis drei Metern nicht festzustellen war. So wurde denn der Bau der genannten Anlage[1]) vorgenommen und im Wintersemester 1909/10 das Gebäude, das in einer Entfernung von nur 2,50 m von der Warte liegt, bezogen. Der zum Antrieb des Kompressors dienende 30pferdige Elektromotor, der in 10 m Entfernung von der Warte aufgestellt ist, hat denn bisher keine störende Wirkung auf den Gang der Registrierinstrumente gezeigt. Selbst der in 6 m Entfernung sich befindende große dreistufige Kompressor, der mit 20 PS in Gang gehalten wird, hatte während des Betriebes der Anlage keine Störung hervorgebracht, ja es ließen sich nicht einmal leichte Erschütterungen der Apparate bei dem Stampfen der Maschine nachweisen. Ein Übelstand, den die Nähe der Verflüssigungsanlage für das Feld in der magnetischen Warte gebracht hat, ist folgender: Die Sicherheit der Anlage gebot, die Stahlflaschen, in denen der zum Betriebe erforderliche Gasvorrat aufgespeichert ist, außerhalb des Gebäudes in einem feuerfesten, eisernen Schrank unterzubringen. Dieser Bombenschrank ist an der Westseite des Hauses in nur 2 m Abstand von der magnetischen Warte angebaut worden. Werden nun die eisernen Türen geöffnet und die Flaschen ausgewechselt, so zeigen die beiden Magnetometer einen ganz beträchtlichen Ausschlag. Da aber nach dem Schließen der Türen die Variometer sofort wieder in ihre ursprüngliche Einstellung zurückkehren, und die Auswechslung der Stahlflaschen, die nur in größeren Zwischenräumen vorgenommen zu werden braucht, nur einige Minuten erfordert, so ist die magnetische Warte in ihrem Werte nicht allzusehr beeinträchtigt.

---

[1]) J. E. Lilienfeld, Das Laboratorium für tiefe Temperaturen (Luft- und Wasserstoffverflüssigung) des physikalischen Instituts der Universität Leipzig; Zeitschrift für komprimierte und flüssige Gase sowie für die Preßluft-Industrie; XIII. Jahrgang.

Die verwendeten Instrumente.

Für physikalische Zwecke sind hauptsächlich die Variationen der horizontalen Komponente des Erdmagnetismus von Bedeutung. Und so wurden denn zur Untersuchung des Magnetfeldes im Institutsgebäude das Kohlrauschsche Lokalvariometer[1]) oder Variometer mit Bussole und Ablenkungsmagnet verwendet, das die Änderungen bis auf ein Tausendstel der ganzen Intensität genau angibt. An jenen Orten, wo die Störungen nicht sehr beträchtlich waren, oder wenn es darauf ankam, ein kleines Gebiet genauer zu untersuchen, wurde das weit empfindlichere Variometer mit vier Ablenkungsstäben[2]) zu Hilfe genommen, das ermöglicht, die Variationen bis auf ein Zehntausendstel der ganzen Intensität genau zu bestimmen.

Bei dem einfachen Lokalvariometer berechnet sich die Änderung der Horizontalintensität einfach nach der Formel

$$\frac{\mathfrak{H}' - \mathfrak{H}}{\mathfrak{H}} = 0{,}0087 \operatorname{tg} \varphi \cdot \delta,$$

wobei $\mathfrak{H}'$, $\mathfrak{H}$ die Horizontalintensitäten an den beiden zu vergleichenden Orten sind, φ den Ablenkungswinkel des Magnetstabes bedeutet, und δ den in Graden ausgedrückten Unterschied der Einstellungen der Nadel für die betreffenden Punkte angibt.

Für den Gebrauch des Vierstabvariometers benutzt man die Gleichung

$$\frac{\mathfrak{H}' - \mathfrak{H}}{\mathfrak{H}} = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{4\,A}\left(n' - n\right),$$

worin $\mathfrak{H}'$, $\mathfrak{H}$ dieselbe Bedeutung wie oben haben, A der Abstand der Skala vom Spiegel, ausgedrückt in Skalenteilen, ist, und n', n die Einstellungsunterschiede an den zu vergleichenden Punkten sind. Beide Instrumente, vornehmlich das letztere, werden sehr stark von der Temperatur beeinflußt. Höhere Temperatur läßt bei beiden die Horizontalkomponente des Erdmagnetismus zu groß erscheinen. Der Einfluß der Temperatur auf die Angaben der einzelnen Instrumente, der sogenannte „Temperaturkoeffizient“, wurde auf folgende Weise bestimmt.

---

[1]) F. Kohlrausch, Wied. Ann. 1886, Bd. XXIX, S. 47; und Lehrbuch der prakt. Physik 1905, S. 359.

[2]) F. Kohlrausch, Wied. Ann. 1883, Bd. XIX, S. 130; und Lehrbuch der prakt. Physik 1905, S. 358.

Bestimmung des Temperaturkoeffizienten.

Auf einer kreisrunden 3 cm starken Holzplatte ruhte auf einem schweren Holzklotz das Instrument, über das ein 50 cm hoher doppelwandiger Zylinder aus Zinkblech gestülpt wurde, der genau in die in die Holzplatte eingedrehte Vertiefung paßte (Abb. 3). Um den Zylinder herum war in engen Spiralwindungen ein Bleirohr gelegt und darüber eine 1 cm starke Filzplatte; desgleichen war die obere Fläche des Zylinders von einer Filzplatte gleicher Art bedeckt. Das direkt der Leitung entnommene Wasser durchfloß eine Heizspirale

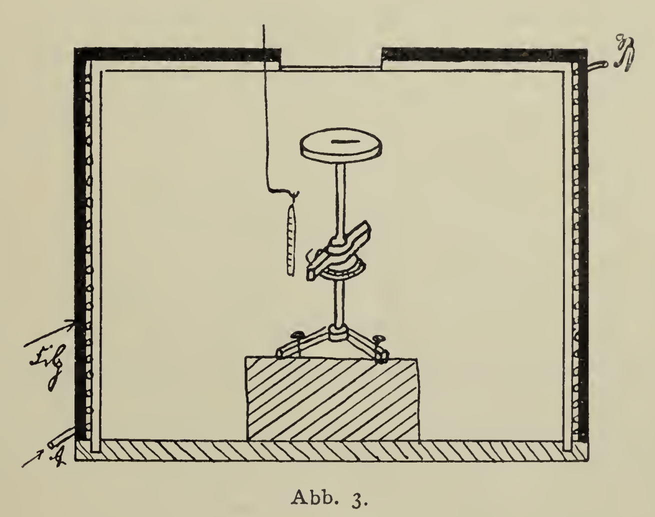


Abb. 3.

und gelangte unten bei A in das Bleirohr des Zylinders; das oben bei B ausfließende Wasser wurde in den Abguß geleitet. Der Zufluß des Wassers ward so geregelt, daß ein ganz allmähliches Ansteigen der Temperatur im Innern des Zylinders stattfand. Nachdem die Temperatur auf einem Punkt $^1/_2$ Stunde lang konstant geblieben war, wurde der rückläufige Weg eingeschlagen; es wurde kaltes Wasser durch das Bleirohr geschickt, bis ungefähr die Ausgangstemperatur wieder erreicht war. Im Mantel des Zylinders befand sich ein rechteckiger Ausschnitt, in der Grundfläche ein kreisrunder, der mit einer planparallelen Glasplatte verschlossen war; es ist dadurch ermöglicht worden, die Bewegung des Spiegels im Vierstabvariometer resp. der Bussolennadel des Lokalvariometers bequem zu beobachten, außerdem konnte dadurch das Thermometer, das an einem vertikal verschiebbaren Kupferdrahte aufgehängt war, leicht abgelesen werden.

So einfach die ganze Vorrichtung war, so hat sie ihren Zweck vollkommen erfüllt; es wurden Werte des Temperaturkoeffizienten gefunden, die mit denen anderer Beobachter[1]), die auch andere Me-

Tabelle I.

Bestimmung des Temperaturkoeffizienten des Vierstabvariometers Nr. I.

$\varphi = 28{,}9^0$; $A = 2040$ mm; Skalenwert $E = 0{,}00014$.

Temp.	Einstellung	$p_o - p_n$	$(p_o - p_n).E$	Änderung von $\mathfrak{H}$	$(p_o - p_n)\,E$ korrig.	$t_o - t_n$	$\frac{p_o - p_n}{t_o - t_n}.E$
15,8⁰	531						
		68,4	0,00958	+ 0,00015	0,00943	11,2⁰	0,000841
27,0⁰	599,4						
		148,4	0,02078	+ 0,00020	0,02058	24,4⁰	0,000843
40,2⁰	679,4						
		86,7	0,01214	+ 0,00020	0,01194	14,2⁰	0,000840
30,0⁰	617,7						
		— 8,9	— 0,00125	+ 0,00025	— 0,00150	— 1,8⁰	0,000834
14,0⁰	522,1						
							Mittel: 0,00084

Bestimmung des Temperaturkoeffizienten des Lokalvariometers.

$\varphi = 30{,}2^0$; Reduktionsfaktor $R = 0{,}0087$ tg $\varphi = 0{,}00506$.

Temp.	Einstellung	$p_o - p_n$	$(p_o - p_n).R$	Änderung von $\mathfrak{H}$	$(p_o - p_n)\,R$ korrig.	$t_o - t_n$	$\frac{p_o - p_n}{t_o - t_n}.R$
14,2⁰	257,4						
		2,2⁰	0,01113	+ 0,00025	0,01088	16,3⁰	0,00066
30,5⁰	259,6						
		3,4⁰	0,01720	+ 0,00020	0,01700	27,8⁰	0,00061
42,0⁰	260,8						
		0,5⁰	0,00253	+ 0,00030	0,00250	4,0⁰	0,00063
18,2⁰	257,9						
							Mittel: 0,00063

[1]) Brogan, das magnetische Feld im physik. Laboratorium der Universität Straßburg; Inaug.-Dissert. Straßburg 1892, S. 4.

Rasch, Magnetische Untersuchungen; Inaug.-Dissert. Würzburg 1888, S. 18.

Burath, Magn. Messungen im physik. Institut zu Breslau; Inaug.-Dissert. Breslau 1904, S. 6.

thoden angewendet haben, in gutem Einklang stehen. Das als Standinstrument verwendete Vierstabvariometer sei mit N I, das den lokalen Messungen dienende mit N II gekennzeichnet. Es wurden nunmehr unter Berücksichtigung der zeitlichen Änderungen folgende Werte des Temperaturkoeffizienten erhalten:

Für N I 0,00084,
„ N II 0,00073,
„ das Lokalvariometer 0,00062 (Tabelle I).

Bei den Messungen der lokalen Variationen wurde die Temperatur an einem Thermometer abgelesen, das mittels dünner Kupferdrähte an das verwendete Instrument angebracht worden war. Beim Beobachten ist immer genügend Zeit gewartet worden, bis die Temperatur der Umgebung dem Instrumente sich mitgeteilt hatte. Alle Angaben sind schließlich auf eine Temperatur von 15 ^{0} C. zurückgeführt worden.

Die relativen Messungen.

Bei dem Bau des Instituts ist das Sockelgeschoß zum größten Teile eisenfrei gehalten worden. Da die große Mechanikerwerkstatt des Instituts sowie die Maschinenanlage im südöstlichen Teil des Gebäudes sich befinden, die Werkstatt des theoretischen Instituts im Nordwestflügel untergebracht ist, und im Südwesten des Instituts die Starkstromkabel liegen, so war mit Recht der nordöstliche Teil des Instituts als am ungestörtesten anzusehen. Es wurde zunächst das erdmagnetische Feld im Zimmer Nr. 32 untersucht.

1. Zimmer Nr. 32.

Direkt unter der Privatwohnung des Institutsdirektors gelegen und nur von Kellerräumen oder Zimmern umgeben (Abb. 4), in denen keine störenden Eisenmassen Aufstellung gefunden haben, ist, wie sich aus den Messungen ergab, dieses Zimmer trotz alledem für feinere erdmagnetische Messungen nur in seiner nördlichen Hälfte geeignet. Die Messungen, die in 1,10 m Höhe über dem Erdboden vorgenommen wurden, zeigten eine merkliche Zunahme der Intensität bei Annäherung an die westliche Wand des Zimmers, wo die Wasserleitung angebracht ist; desgleichen nahm in der Richtung von Süd nach Nord die Intensität an fast allen gemessenen Stellen zu.

Um sich über die magnetische Verteilung ein anschauliches Bild machen zu können, sind in den Plänen der betreffenden Räume die Isodynamen, die Linien gleicher Horizontalintensität, eingezeichnet

worden. Dem kleinen Maßstab der Pläne und der Größe der Störungen entsprechend, mußte der Abstand zweier benachbarter Isodynamen so gewählt werden, daß der Unterschied der Werte, die sie darstellen, $0{,}0020\ \mathrm{cm}^{-\frac{1}{2}}\ \mathrm{gr}^{\frac{1}{2}}\ \mathrm{sec}^{-1}$ beträgt. Aus dem jeweiligen Abstand zweier benachbarter Kurven, d. h. aus ihrer Dichte an den verschiedenen Stellen kann man leicht dann den Grad der Schnelligkeit der Änderung von $\mathfrak{H}$ herauslesen. Die in Abb. 5 gezeichneten Iso-

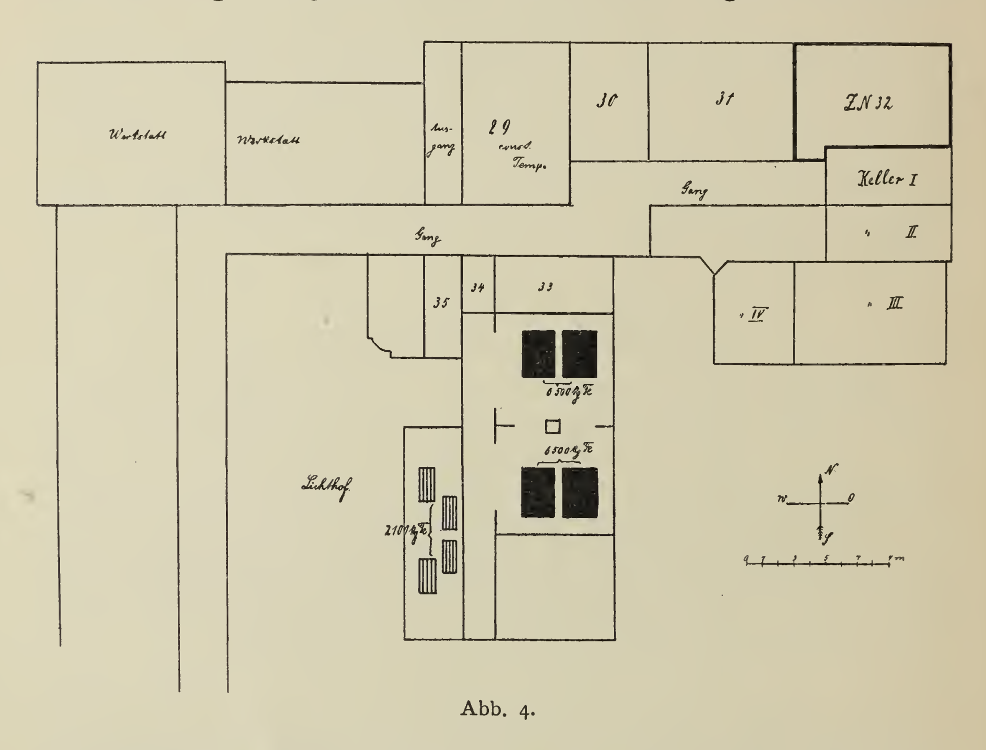


Abb. 4.

dynamen für das Zimmer Nr. 32 lassen erkennen, daß in der Richtung von Nord nach Süd, sowie im westlichen Teil des Zimmers von West nach Ost Störungen zu vermuten sind. Auch deutet das Zusammenlaufen der Linien nach der Südwestecke des Zimmers auf eine größere Störung des Feldes hin. Da die kleinen eisernen Träger, die in der Decke des Zimmers oder der Nebenräume sich befinden, unmöglich eine bedeutende Änderung des Feldes hervorrufen können, so kann nach Lage der Dinge diese Störung nur von den großen Eisenmassen im Heizraume des Instituts herrühren (Abb. 4). Die vier Kessel der Niederdruckdampfanlage, die in zirka 25 m Entfernung vom Zimmer Nr. 32 aufgestellt sind, enthalten 13 000 kg Eisen, und die wenige Meter noch weiter entfernte Röhrenanlage in der Heiz-

kammer 2100 kg Eisen. Eine solch beträchtliche Eisenmasse kann selbst in einer Entfernung von 30 m nicht ohne Einfluß auf das erdmagnetische Feld bleiben.

Schaltet man bei der Betrachtung des magnetischen Feldes im Zimmer Nr. 32 die an der Südwand gemessenen extremen Minimalwerte der Horizontalintensität aus, so zeigt das Feld einen verhält-

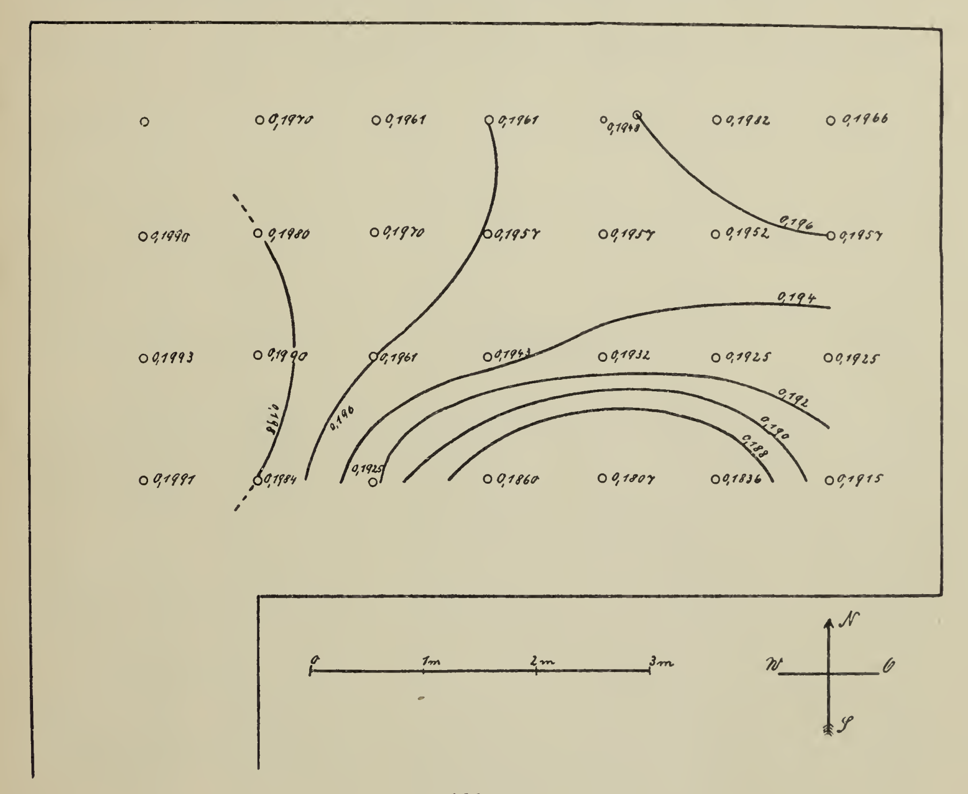


Abb. 5.

nismäßig ungestörten Verlauf; die Abweichungen betragen hier nur bis zu 4 %.

Die Tabelle II möge als Beispiel für die Aufnahme eines magnetischen Feldes und die Berechnung der dabei gefundenen Werte dienen. Zunächst wurde an einem bestimmten Punkte P, dem Nullpunkte, das Variometer eingestellt; alle lokalen Variationen sind somit relative Unterschiede gegen denselben Punkt P. Vor und nach jeder Reihe von Beobachtungen wurde die Intensität an diesem Nullpunkte gemessen. Die erste Reihe in Tabelle II gibt die Entfernung des untersuchten Punktes von der Nordwand des Zimmers an, die zweite

Tabelle II.

Untersuchungen mit Lokalvariometer im Zimmer Nr. 32.

Punkt x cm	y cm[1]	$1000 \frac{\mathfrak{H}_0 - \mathfrak{H}}{\mathfrak{H}}$ (unkorrig.)	Temp.	reduz. auf 15°	zeitl. Änderung v. $\mathfrak{H}$	Temp.	$1000 \frac{\mathfrak{H}_0 - \mathfrak{H}}{\mathfrak{H}}$ (korrigiert)	dass. reduz. auf Pkt. *P*	absol. Werte von $\mathfrak{H}$
P									
180	595	± 0	16,7°	— 1,1	± 0	18°	— 1,1		0,1980
75	93	— 6,8	17°	— 1,2	+ 0,1	„	— 8,1	— 7,1	0,1966
180	„	— 11,4	„	„	+ 0,1	„	— 12,7	— 11,7	0,1957
295	„	— 27,6	„	„	+ 0,2	„	— 29,0	— 28,0	0,1925
400	„	— 32,4	„	„	+ 0,1	„	— 33,7	— 32,7	0,1915
75	197	+ 1,3	17,2°	— 1,4	± 0,0	„	— 0,1	+ 0,9	0,1982
180	„	— 13,7	„	„	+ 0,1	„	— 15,2	— 14,2	0,1952
295	„	— 27,6	„	„	+ 0,1	„	— 29,1	— 28,1	0,1925
400	„	— 72,7	17,4°	— 1,5	+ 0,1	„	— 74,3	— 73,3	0,1836
75	295	— 16,1	17°	— 1,2	+ 0,2	„	— 17,5	— 16,5	0,1948
180	„	— 11,4	„	„	+ 0,2	„	— 12,8	— 11,8	0,1957
295	„	— 23,0	„	„	+ 0,2	„	— 24,4	— 23,4	0,1932
400	„	— 87,2	„	„	+ 0,2	„	— 88,6	— 87,6	0,1807
75	394	— 9,2	16,8°	— 1,1	+ 0,1	„	— 10,4	— 9,4	0,1961
180	„	— 11,4	„	„	+ 0,1	„	— 12,6	— 11,6	0,1957
295	„	— 18,3	„	„	+ 0,2	„	— 19,6	— 18,6	0,1943
400	„	— 60,6	17,3°	— 1,4	+ 0,2	„	— 62,2	— 61,2	0,1860
75	495	— 9,2	17°	— 1,2	+ 0,2	„	— 10,6	— 9,6	0,1961
180	„	— 4,7	„	„	+ 0,1	„	— 6,0	— 5,0	0,1970
295	„	— 9,2	„	„	+ 0,1	„	— 10,5	— 9,5	0,1961
400	„	— 27,7	17,2°	— 1,4	+ 0,2	„	— 29,3	— 28,3	0,1925
75	595	— 4,7	16,7°	— 1,1	+ 0,3	„	— 6,1	— 5,1	0,1970
180	„	± 0	„	„	± 0,0	„	— 1,1	— 0,1	0,1980
295	„	+ 5,0	„	„	+ 0,3	„	+ 3,6	+ 4,6	0,1990
400	„	+ 2,3	„	„	+ 0,3	„	+ 0,9	+ 1,9	0,1984
180	710	+ 5,0	17°	— 1,2	+ 0,3	„	+ 3,5	+ 4,5	0,1990
295	„	+ 7,0	„	„	+ 0,3	„	+ 5,5	+ 6,5	0,1993
400	„	+ 5,8	„	„	+ 0,3	„	+ 4,3	+ 5,3	0,1991
P		± 0	„	„	+ 0,3	„	— 0,9		

[1]) x gibt den Abstand des Punktes von der Nordwand, y den von der Ostwand des Zimmers an.

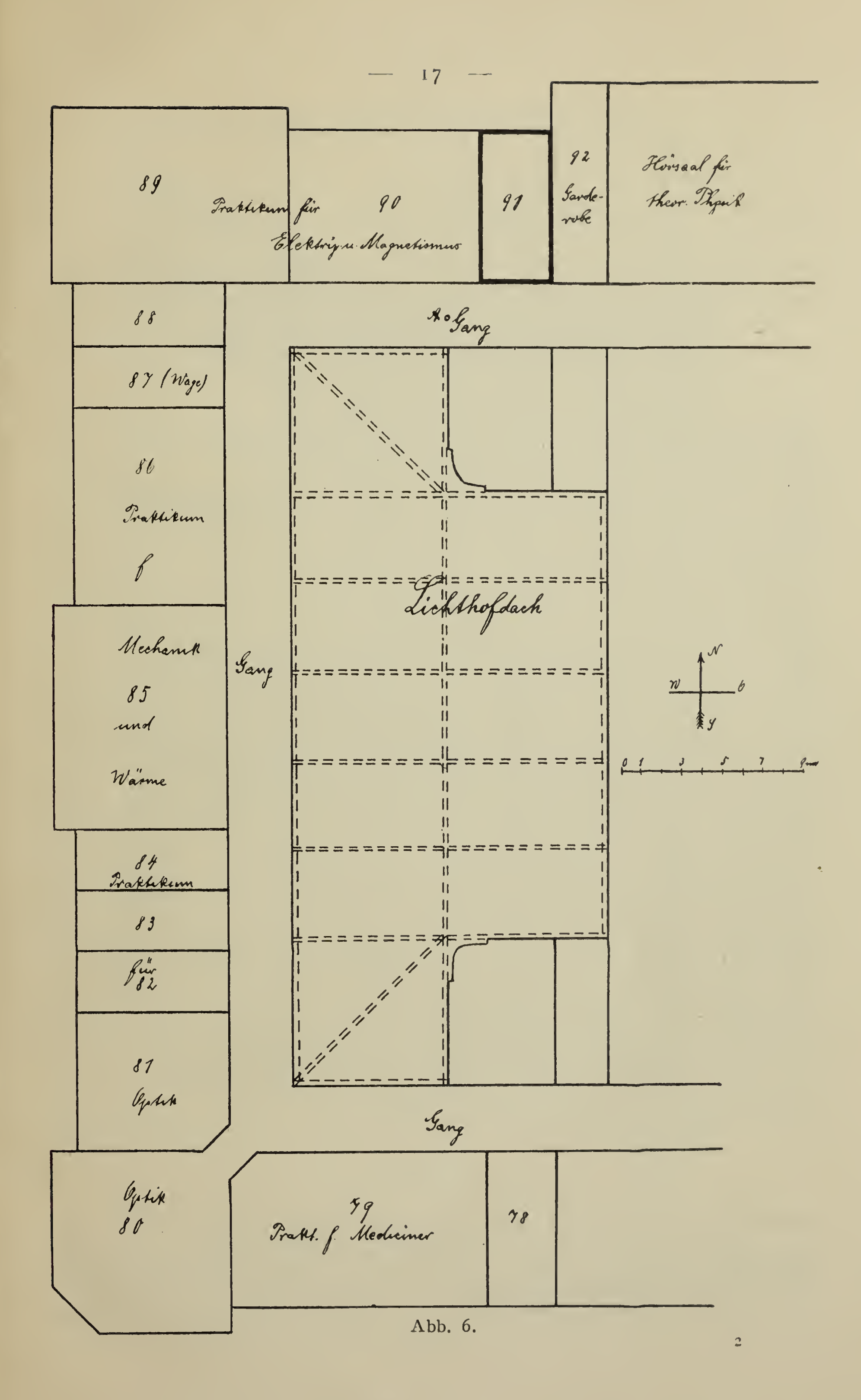

89
Praktikum für
90
Elektriz. u. Magnetismus
91
92
Garde-
robe
Hörsaal für
theor. Physik
88
Gang
87 (Wage)
86
Praktikum
f
Mechanik
85
und
Wärme
Gang
Lichthofdach
N
W
O
S
84
Praktikum
83
für
82
81
Optik
Gang
Optik
80
79
Prakt. f. Mediciner
78

Abb. 6.

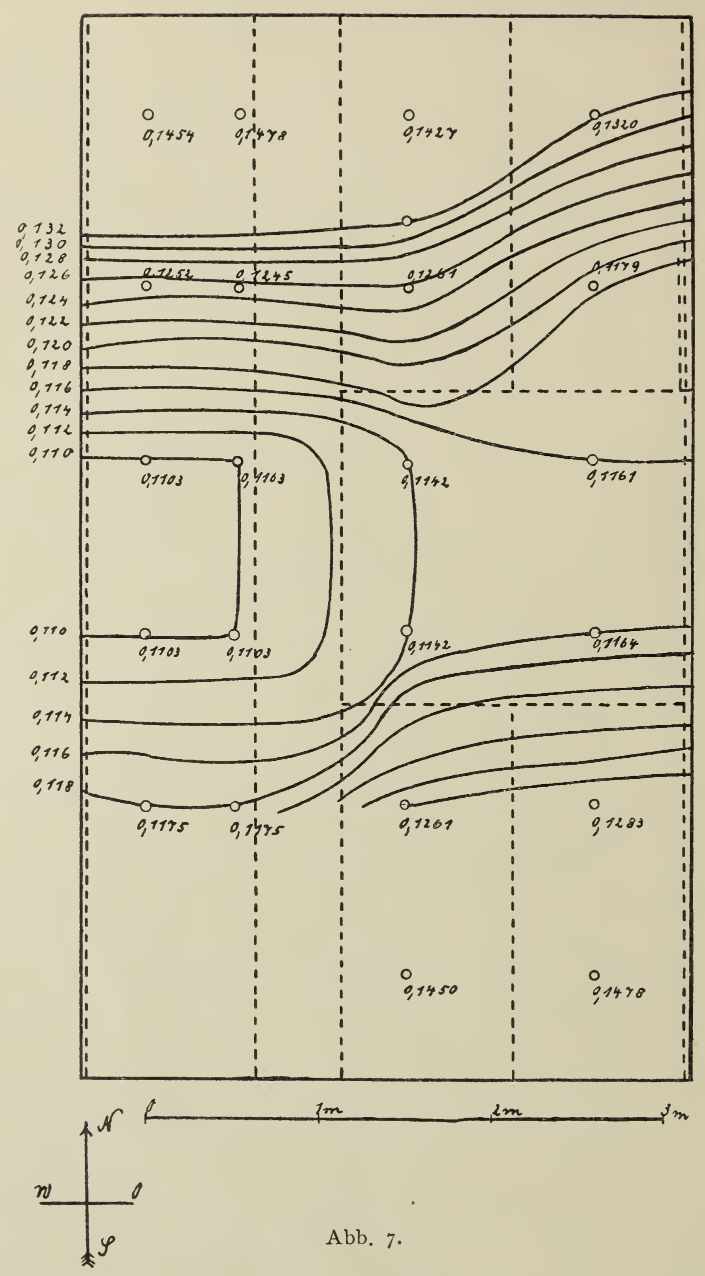


Abb. 7.

diejenige von der Ostwand. Die dritte Reihe zeigt den mit 1000 multiplizierten Betrag von $\frac{\mathfrak{H}_0 - \mathfrak{H}}{\mathfrak{H}}$, an dem noch die Temperatur- und zeitlichen Intensitätsschwankungen zu berücksichtigen sind. Letztere

wurden aus den Aufzeichnungen in der magnetischen Warte entnommen. Die drittletzte Reihe enthält dann die Werte von $1000 \frac{\mathfrak{H}_0 - \mathfrak{H}}{\mathfrak{H}}$ nach Anbringung der beiden Korrekturen, die vorletzte die Werte von $1000 \frac{\mathfrak{H}_0 - \mathfrak{H}}{\mathfrak{H}}$, bezogen auf den Punkt P. In der letzten Reihe endlich sind die absoluten Werte der Horizontalintensität an den betreffenden Punkten angegeben.

2. Zimmer Nr. 91.

Das zu den Räumen des physikalischen Praktikums gehörige Zimmer Nr. 91 (Abb. 6), das im ersten Geschoß des Nordflügels des Instituts gelegen ist, und in dem die Horizontalintensität nach der Gaußschen Methode bestimmt zu werden pflegt, wurde auch genauer auf seinen magnetischen Zustand untersucht. Hier lagen die Verhältnisse insofern ungünstiger als in Zimmer Nr. 32, da sowohl im Fußboden wie auch in der Decke schwere eiserne Träger waren, die genau nordsüdlich lagen. Das Magnetfeld ist in der Mitte des Zimmers ziemlich konstant und weist dort sein Minimum auf; nach Norden und Süden zu nimmt es dann rasch zu. Der Verlauf der Isodynamen (Abb. 7), besonders die stärkere Krümmung und die große Dichte der Linien im Nordosten und Südosten des Zimmers, weist auf eine größere Störung hin. Aus den Plänen ist zu ersehen, daß in der Mitte der Ostwand des Zimmers eine Wendeltreppe enden sollte. Es sind zu ihrer Versteifung deshalb in den Fußboden des Zimmers Nr. 91 noch zwei eiserne Träger ostwestlich gelegt worden, die bis in die Mitte des Zimmers hineinragen. Dieses geschlossene Viereck der Träger, sowie die in ihrer Nähe liegenden Trägerenden sind die Ursache jener Störung des Magnetfeldes. Obgleich im Zimmer Nr. 91, da es ja von Anfang an für magnetische Messungen bestimmt war, alle eisernen Beschläge, Heizkörper usf. vermieden waren, so betragen die Änderungen der Intensität doch bis zu 17 % (Tabelle III); d. i. ein Betrag, der diesen Raum (3,50 m × 6 m) für genaue magnetische und elektrische Untersuchungen gänzlich ungeeignet macht.

3. Obergeschoß.

Die dem Zimmer Nr. 91 benachbarten Räume Nr. 90 und 89 (Abb. 6), in denen die praktischen Übungen in Magnetismus und Elektrizität abgehalten werden, zeigen ein ganz analoges magnetisches Verhalten. Auch hier konnte in der Mittellinie des Zimmers das

Minimum der Intensität nachgewiesen werden, während nach der Nord- und Südwand zu eine beträchtliche Zunahme der Intensität zu konstatieren war. Den Zimmern Nr. 91, 90 und 89 direkt gegenüber

Tabelle III.

Untersuchungen mit Lokalvariometer im Zimmer Nr. 91.

Punkt x cm	y cm[1]	$1000 \frac{\mathfrak{H}_0 - \mathfrak{H}}{\mathfrak{H}}$ (unkorrig.)	Temp.	reduz. auf 15°	zeitl. Änderung von $\mathfrak{H}$	$1000 \frac{\mathfrak{H}_0 - \mathfrak{H}}{\mathfrak{H}}$ (korrigiert)	dass. reduz. auf Pkt. P	absol. Wert von $\mathfrak{H}$
P								
190	460	— 423,2	17°	— 1,2	± 0	— 424,4	—	0,126
40	60	— 334,8	"	"	+ 0,2	— 336,2	+ 87,8	0,145
90	"	— 323,9	"	"	+ 0,3	— 325,4	+ 98,6	0,148
190	"	— 347,4	"	"	+ 0,3	— 348,9	+ 75,1	0,143
300	"	— 396,0	"	"	+ 0,3	— 397,5	+ 26,5	0,132
40	160	— 427,2	"	"	+ 0,4	— 428,8	— 4,8	0,125
90	"	— 430,5	"	"	+ 0,2	— 431,9	— 7,9	0,125
190	"	— 422,9	"	"	+ 0,4	— 424,5	— 0,5	0,126
300	"	— 460,8	"	"	+ 0,3	— 462,3	— 38,3	0,118
40	260	— 495,3	"	"	+ 0,2	— 496,7	— 72,7	0,110
90	"	— 495,3	"	"	+ 0,3	— 496,8	— 72,8	0,110
190	"	— 477,5	"	"	+ 0,3	— 479,0	— 55,0	0,114
300	"	— 468,9	"	"	+ 0,4	— 470,5	— 46,5	0,116
40	360	— 495,3	"	"	+ 0,3	— 496,8	— 72,8	0,110
90	"	— 495,3	"	"	+ 0,3	— 496,8	— 72,8	0,110
190	"	— 477,5	"	"	+ 0,4	— 479,1	— 55,1	0,114
300	"	— 460,5	"	"	+ 0,3	— 462,0	— 38,0	0,116
40	460	— 462,5	"	"	+ 0,4	— 464,1	— 40,1	0,118
90	"	— 462,5	"	"	+ 0,3	— 464,0	— 40,0	0,118
190	"	— 423,2	"	"	+ 0,3	— 424,7	— 0,7	0,126
300	"	— 413,1	"	"	+ 0,5	— 414,8	+ 9,2	0,128
190	560	— 336,8	"	"	+ 0,4	— 338,4	+ 85,6	0,145
300	"	— 323,9	"	"	+ 0,3	— 325,4	+ 98,6	0,148
P		— 421,8	"	"	+ 0,5	— 423,5		

[1]) x gibt den Abstand des Punktes von der Westwand, y den von der Nordwand des Zimmers an.

liegen im Südflügel des Instituts die Zimmer Nr. 79 und 78, das Praktikum für Mediziner. Das magnetische Feld in diesen Räumen (Abb. 8) zeigte ganz genau das gleiche Verhalten wie in den Zimmern Nr. 91 und 90; auch nach der Nord- und Südwand zu eine bedeutende Zunahme des Feldes, das nach der Mitte zu sein Minimum aufwies. Die angeführten Zimmer liegen nun ganz genau in der Längsrichtung und in gleicher Höhe mit dem Glasdach, das den großen Lichthof des Instituts überspannt. Da die gesamte Dachkonstruktion aus Eisen besteht, die wieder auf schweren eisernen Trägern aufsitzt, die längs der Wände des Instituts verlaufen, also hauptsächlich Nord-Süd und Ost-West gerichtet sind, so finden die beträchtlichen Feldstörungen hierdurch ihre einfachste Erklärung. Eine solche große, ausgedehnte Eisenmasse wie die des Lichthofdaches mußte aber auch das magnetische Feld in der Richtung Ost-West nicht ungestört lassen. Festgestellt wurde, daß die Störungen in dieser Richtung viel unübersichtlicher waren als von Nord nach Süd. In dem Längsgange des Obergeschosses war es unmöglich, die gefundenen Werte der Horizontalintensität zu diskutieren; denn hier lagen Punkte maximaler und minimaler Intensität eng beieinander. Das Feld in den diesem Gange anliegenden Zimmern des Praktikums für Mechanik und Optik (Zimmer Nr. 81 bis Nr. 88) (Abb. 6) zeigte ebenfalls große Unregelmäßigkeiten. Jedenfalls kann man aus den Messungen im Obergeschoß ersehen, daß die gesamte Eisenmasse des Lichthofdaches genau wie ein Magnet wirkt, der in Richtung Nord-Süd in das homogene magnetische Erdfeld gebracht worden ist. Von den Zimmern des Obergeschosses dürfte das Praktikum für Mechanik (Zimmer Nr. 85, 86) als das magnetisch beste bezeichnet werden. Erwähnt mag hier noch werden, daß auf dem Längsgang des Obergeschosses, wie auch im Zimmer Nr. 91, versucht worden ist, durch Bestimmung des Verlaufs der magnetischen Kraftlinien genauere Kenntnis des magnetischen Zustandes dieses Institutsteils sich zu verschaffen. Auf einem stabilen Stativ befand sich in 1 m Erhebung über dem Erdboden ein schmales Brett, das sich um eine vertikale Achse drehen ließ; in je 50 cm Entfernung vom Drehpunkte sowie direkt unter dem Drehpunkt waren an dünnen Fäden messingne Lote angebracht; über dem Drehpunkt schwang auf einer $1\frac{1}{2}$ cm hohen Spitze eine 20 cm lange Magnetnadel, deren Enden zur Vermeidung der Parallaxe über kleine mit einer Marke versehene Spiegel hinwegglitten. Das Brett wurde in der Richtung der Nadel eingestellt und die Fußpunkte der Lote auf dem Erdboden markiert. Darauf wurde das Stativ in Richtung der Verbindungslinie der aufgezeich-

Abb. 8.

neten Punkte verschoben, dort das Brett abermals in Richtung der Nadel eingestellt. Die markierten Punkte ergaben dann ein angenähertes Bild von dem Verlaufe der Kraftlinien. Neues wurde bei diesen Messungen nicht gewonnen; die ganz unregelmäßig gebogenen

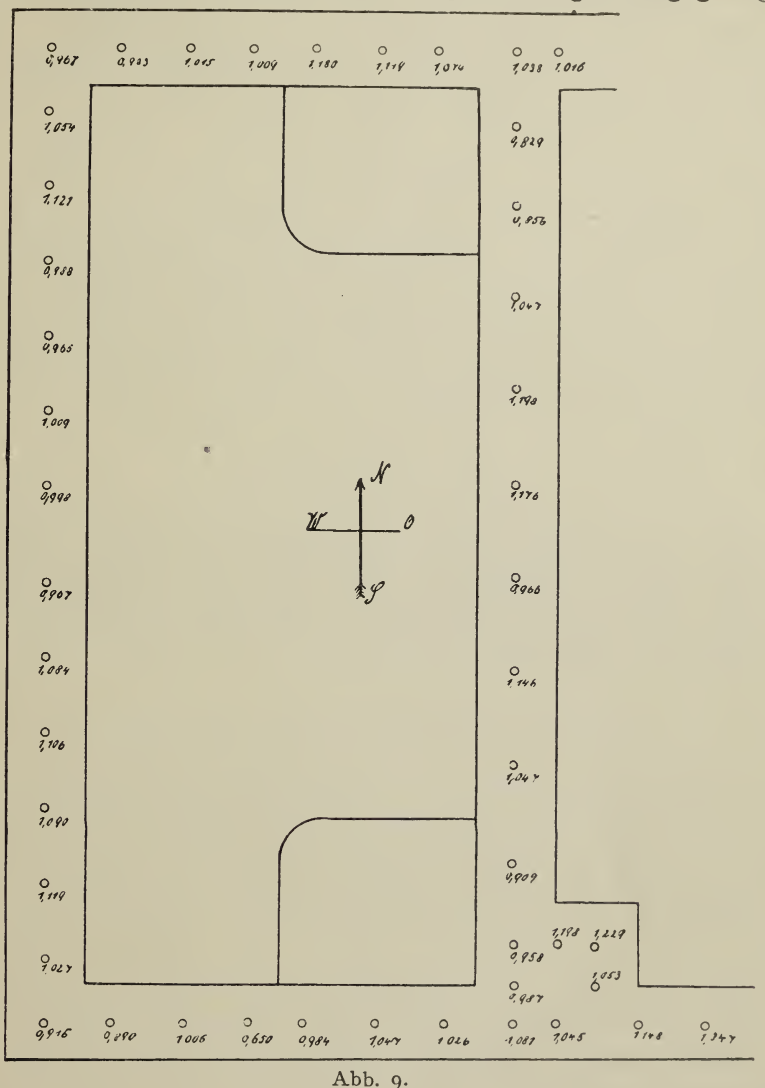


Abb. 9.

Kraftlinien waren nur ein Beweis für die mit Hilfe des Lokalvariometers gefundenen großen Intensitätsschwankungen. Im Zimmer Nr. 91 wurde die Magnetnadel in 10 cm Höhe über dem Erdboden schwingen gelassen; doch förderten die hier genauer vorgenommenen Messungen auch nichts Neues zutage.

4. Erdgeschoß.

Auf dem Korridor im Erdgeschoß wurden an 47 Punkten Messungen der Horizontalintensität vorgenommen (Abb. 9). Ähnlich wie im Obergeschoß überwogen auch hier die Störungen im West- und Ostflügel bei weitem diejenigen im Nord- und Südflügel. In den Zimmern des West- und Nordflügels haben größere Maschinen Aufstellung gefunden; die Beobachtungen fanden daher stets dann statt, wenn in jenen Räumen nicht gearbeitet wurde. Das Maximum der Intensität wurde in dem östlichen Teil des Ganges im Südflügel des Instituts festgestellt. Dort wuchs die Intensität um 30 % auf einer Länge von zirka 10 m. An jener Stelle maximaler Feldstärke befindet sich nun als störendes Objekt der eiserne Aufzug zum Transport der Maschinen, auch ist direkt unter jener Stelle der große Maschinenraum des Instituts, während direkt über diesem Teile des Ganges auf einem Zwischenboden die Saug- und Preßluftanlage für den Experimentiersaal Aufstellung gefunden hat.

5. Sockelgeschoß.

Die 50 Messungen im Sockelgeschoß vermögen für sich allein betrachtet keinen Aufschluß über die Größe und Art der Störungen des magnetischen Feldes zu geben; nur im Zusammenhang mit den Messungen im Lichthof sind jene Werte diskutabel, und es wird weiter unten darauf zurückgekommen werden.

6. Hörsaal für Experimentalphysik.

Interessante Ergebnisse zeitigten die Untersuchungen im großen Hörsaal für Experimentalphysik. Die Messungen fanden während der Ferien statt, wo alle Apparate und sonstige störende Eisenmassen, soweit als möglich, entfernt waren. Das Magnetfeld in dem Hörsaal, der sich terrassenförmig von Westen nach Osten erhebt, zeigte eine wesentliche Zunahme der Intensität in Richtung von Nord nach Süd. Im allgemeinen war das Feld in der Mitte des Hörsaals ein sehr schwaches, das in den Längsseitengängen plötzlich sehr stark anwuchs. Vermutlich wirken die nordsüdlich gerichteten eisernen Untergestelle der Schreibpulte und Sitze schwächend auf das Feld zwischen den Bänken ein, wo die Messungen stattfanden. In Richtung von West nach Ost konnten nicht so einfache, übersichtliche Verhältnisse wie in der dazu senkrechten Richtung nachgewiesen werden. Das Feld rings um den Experimentiertisch herum zeigte in der Mitte des Tisches sein Minimum; nach Süden zu nahm

die Intensität langsam, nach Norden zu dagegen rascher zu und erreichte in der Nord-West-Ecke ihr Maximum. In diesem Teil des Hörsaals wurde auch eine konstante Zunahme der Feldstärke von Ost nach West beobachtet. Die großen Feldstörungen — bis zu 46 % — in der Nähe des Experimentiertisches ergeben sich durch die vielen Gas- und Wasserrohre, die am Tisch enden, und die Anschlüsse für Preßluft, die sich im Fußboden nahe des Tisches befinden.

7. Lichthof.

Eine geraume Zeit ward der Untersuchung des Feldes im Lichthofe des Instituts gewidmet. Galt es doch, Aufschluß zu bekommen, in wie weit die großen Eisenmassen der Heizanlage störend einwirkten, und ob genauere physikalische Untersuchungen, die ein ungestörtes magnetisches Feld erfordern, hier vorgenommen werden könnten. Zunächst wurde wie im Gange des Obergeschosses der Verlauf der Kraftlinien festgestellt; schon hieraus konnte man auf die große von den Eisenmassen im Ostflügel herrührende Störung schließen; denn verliefen auf der Westseite des Lichthofes die Kraftlinien (Abb. 10; gestrichelte Linien) fast genau von Süd nach Nord, so erlitten die weiter östlich gelegenen nach der Mitte des Lichthofes zu eine merkliche Ausbuchtung nach Osten. Je näher man der Ostwand kam, um so stärker wurde die Krümmung, bis schließlich die Linien nordöstlich gerichtet waren und nicht weiter verfolgt werden konnten. Die Kraftlinien, die von Punkten aus verfolgt wurden, die je in 1 m Entfernung in der Ost-Westrichtung voneinander lagen, verliefen naturgemäß gegen die großen Eisenmassen hin. Die Messungen der Horizontalintensität zeigten denn auch ganz unverkennbar eine Abnahme der Feldstärke in der Mitte des Lichthofes von West nach Ost, es war dies also das gleiche Verhalten wie in der Nähe eines Magneten, der in ein homogenes Magnetfeld gebracht ist.

In Richtung von Nord nach Süd kann man ganz genau mehrere scharf abgegrenzte Gebiete unterscheiden. In dem nördlichsten Gebiet, das sich ebensoweit wie das Treppenhaus in den Lichthof erstreckt, wächst die Feldstärke von West nach Ost, in dem zweiten Gebiet, das den ganzen mittleren Teil des Lichthofes überdeckt, tritt das Gegenteil ein. Im Süden des Lichthofes waren die Verhältnisse analog denen im Norden. Der Verlauf der Isodynamen (Abb. 10) zeigt deutlich die Einwirkungen der Kessel- und der Röhrenanlage an. Obgleich das Kesselhaus in zirka 4 m Entfernung vom Lichthof sich

Abb. 10.

befindet, so wirken doch die darin befindlichen Eisenmassen auf noch ziemlich große Entfernung. Das Zusammenlaufen der Linien gleicher Horizontalintensität an jener Stelle, wo die Heizröhrenanlage sich bis auf 3 m in den Lichthof hinein erstreckt, weist daraufhin, daß die genannte Anlage das magnetische Feld im Lichthof bei weitem mehr störend beeinflußt, als dies die Eisenmengen der Dampfkessel tuen.

Die im West- und Nordgange des Sockelgeschosses ausgeführten Messungen zeigten, daß auch jenseits der den Lichthof abschließenden Mauer das Feld noch von den Eisenmassen im Ostflügel beeinflußt

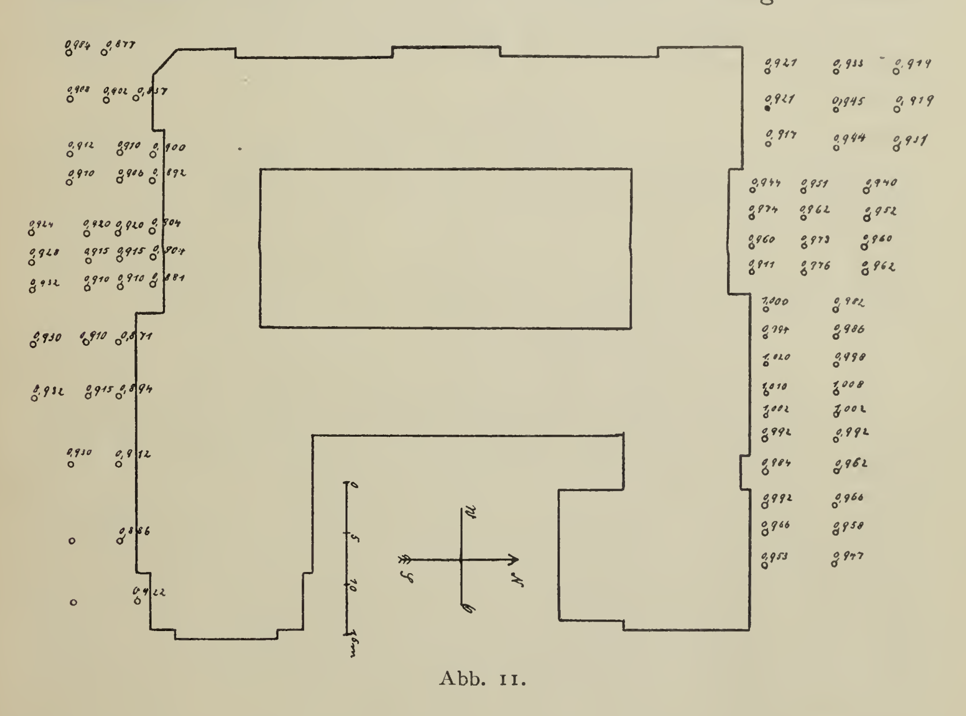


Abb. 11.

war; die gefundenen Werte ließen sich ohne weiteres in die im Lichthofe festgestellten einreihen. Im Vergleich zu dem magnetischen Verhalten der anderen Teile des Instituts zeigte das Feld im Lichthof verhältnismäßig keine allzu großen Störungen; denn abgesehen von den Punkten an der Ostwand, in denen die Intensität, durch die unmittelbare Nähe der Heizröhren- und Kesselanlage bedingt, sehr extreme Werte aufweist, wurden an 80 verschiedenen Punkten des 435 qm großen Lichthofes bis zu $6^1/_2$ % Änderungen der Feldstärke gemessen, in dem mittleren Teile sogar nur bis zu 3 %; jedenfalls ein Ergebnis, wie es auf einer gleich großen Fläche in einem anderen Teile des Instituts nicht zu finden war.

8. Umgebung des Instituts.

Die Lage des Instituts ermöglichte es, das Außenfeld nördlich und südlich des Gebäudes genauer zu untersuchen (Abb. 11). Es ergab sich auf der ganzen Südseite und dem östlichen Teil der Nordseite eine Zunahme der Intensität von Nord nach Süd; nur in der Nordwestecke wurde bis zu 4 m Entfernung vom Gebäude eine Zunahme in umgekehrter Richtung festgestellt, in größerer Entfernung trat dann aber wieder das an den übrigen Stellen beobachtete Verhalten ein. Übereinstimmend auf beiden Seiten nahm die Stärke des Außenfeldes wenn auch nur um einen geringen Betrag von West nach Ost zu.

9. Magnetische Warte.

In der „magnetischen Warte" war wieder auffallend die starke magnetische Wirkung der Wasserleitung. Denn stellte man in der südlichen Hälfte, wo die Zeitvariometer aufgestellt sind, nur Änderungen der Feldstärke bis zu 1,6 % fest, so stieg in der Nähe der Leitungsrohre die Intensität um weitere 1,5 % (Tabelle IV).

10. Einfluß der eisernen Heizkörper.

Für die Aufstellung der feinen magnetischen Meßinstrumente war es wichtig, zu wissen, bis in welche Entfernung die eisernen Heizkörper der Zentralheizung das magnetische Feld störend beeinflußten. Es wurde zu diesem Zwecke das Feld in der Umgebung von zwei der größten Heizkörper untersucht, die in den Räumen Nr. 89 und Nr. 85 des Obergeschosses des Instituts Aufstellung gefunden hatten. Beide Körper hatten eine Länge von 1,10 m und eine Höhe von 1,15 m; die Längsachse des einen war NS, die des anderen OW gerichtet. In beiden Aufstellungen erstreckte sich der störende Einfluß in Richtung NS in eine Entfernung bis zu 2 m, während in Richtung OW das Feld nur bis in 1 m Entfernung von der Eisenmasse merklich gestört war. Wurden die eisernen Massen erwärmt, so zeigten sich keine Änderungen des magnetischen Verhaltens des umgebenden Feldes. Im allgemeinen haben im Institut Heizkörper Aufstellung gefunden, die nur halb so groß oder noch kleiner als die betrachteten sind; ihr Einfluß ist naturgemäß ein noch viel kleinerer als der oben festgestellte.

11. Einfluß der Bestrahlung des Lichthofes.

Die große Eisenmasse des Lichthofdaches, deren Einfluß auf das erdmagnetische Feld im Obergeschoß des Instituts bereits Seite 19

und 21 erörtert wurde, brachte Störungen noch in einer anderen Weise hervor. Die große Fläche des Daches ist den ganzen Tag über ungehindert den Sonnenstrahlen ausgesetzt; auf das magnetische Verhalten der großen Menge Eisen können natürlich die mit der Bestrahlung verbundenen Temperaturschwankungen nicht wirkungslos bleiben. An wolkenlosen Tagen oder an Tagen, an denen die Sonne das Wolkenmeer überhaupt nicht zu durchbrechen vermochte, war eine außergewöhnliche Störung des Feldes nicht zu spüren, dagegen konnte an Tagen mit rasch eintretender Bewölkung eine merkliche Änderung der Feldstärke konstatiert werden; die Beobachtungen wurden mit dem Vierstabvariometer vorgenommen, das im Obergeschoß des Instituts an dem in der Längsachse des Lichthofdaches gelegenen Punkte *A* (Abb. 6) aufgestellt war; es wurde an zahlreichen Tagen, teils in den Sommer-, teils in den Wintermonaten beobachtet; fast immer stellte es sich heraus, daß bei plötzlichen

Tabelle IV.

Untersuchungen mit Vierstabvariometer in der magnetischen Warte.

Punkt x cm	y cm[1]	$10000\frac{\mathfrak{H}_0-\mathfrak{H}}{\mathfrak{H}_0}$ (unkorrig.)	Temp.	reduz. auf 15°	zeitl. Änderung von $\mathfrak{H}$	$10000\frac{\mathfrak{H}_0-\mathfrak{H}}{\mathfrak{H}_0}$ korrigiert	dass. reduz. auf Pkt. *P*	
P								
233	275	± 0	18°	— 22	± 0	— 22,0	—	
								Punkt *P*: 0,1991
30	70	— 238	„	„	— 1,2	— 258,8	— 239,7	
100	„	— 245	„	„	— 1,3	— 265,7	— 246,6	Max.: 0,1994
258	„	— 289	„	„	— 1,4	— 309,6	— 290,5	Min.: 0,1933
313	„	— 245	„	„	— 1,4	— 265,6	— 246,5	
25	180	— 159	„	„	— 2,2	— 178,8	— 159,7	
150	„	— 136	„	„	— 2,0	— 156,0	— 136,9	
200	„	— 187	„	„	— 2,4	— 206,6	— 187,5	
313	„	— 187	„	„	— 1,8	— 207,2	— 188,1	
27	460	— 136	„	„	— 3,2	— 154,8	— 135,7	
95	„	— 51	„	„	— 2,9	— 70,1	— 51,0	
226	„	+ 17	„	„	— 3,4	— 1,6	+ 17,5	
122	275	— 197	„	„	— 2,5	— 216,5	— 197,4	
233	„	+ 2	„	„	— 3,8	— 16,2		

[1]) x gibt den Abstand des Punktes von der Südwand, y den von der Ostwand an.

Eintreten der Sonnenbestrahlung eine momentane, gar nicht unbedeutende Abnahme der Horizontalintensität erfolgte; meistens wurde eine Abnahme um 0,0003 $\mathfrak{H}$ bis 0,0006 $\mathfrak{H}$ festgestellt; es traten aber vereinzelt auch Fälle auf, wo die Störungen das Drei- bis Vierfache der obigen Werte erreichten. In dem Augenblick der eintretenden Bewölkung dagegen war eine Zunahme der Intensität zu konstatieren, die bei längerer Verdunkelung der Sonne einem Maximum langsam zustrebte und dann längere Zeit konstant blieb. Im Lichthof selber bemerkte man keinen Einfluß der Bestrahlung des Daches auf den Gang der horizontalen Komponente des Erdmagnetismus. Bei den obigen Beobachtungen befand man sich in einem Feld von schwachen induzierenden Kräften und in einem Temperaturgebiet zwischen 0^0 und 30^0. Die Ergebnisse der Messungen stehen somit mit den Induktionsgesetzen für weiches Eisen, die unter denselben Verhältnissen gelten, in recht gutem Einklang.

12. Störungen durch elektrische Straßenbahnen.

Im Frühjahr 1912 sollte durch den Windmühlenweg, nur 120 m vom physikalischen Institut entfernt, eine Linie der elektrischen Straßenbahn gelegt werden. Man glaubte nun, daß dadurch für das Institut ähnliche große Störungen eintreten würden, wie sie in Halle und in anderen Orten beobachtet worden sind. Um gegebenenfalls rechtzeitig die Forderung vermehrter Sicherheit gegen vagabondierende Ströme erheben zu können, wurden an den bereits im Betrieb befindlichen Linien Messungen über die Größe der Störungen, die direkt durch die Leitung und die Wagen oder durch die vagabondierenden Ströme hervorgebracht wurden, angestellt. 200 m nördlich vom Institut ist schon seit längerer Zeit eine Linie der Straßenbahn in Betrieb und zwar verläuft dieselbe von N/O nach S/W (Abb. 12, Linie *A-B*). Diese Linie *A-B* wird von der Kraftquelle (C_3) in der Brüderstraße gespeist; im Institut selbst befand man sich also außerhalb des Störungsbereiches der von dieser Linie herrührenden vagabondierenden Ströme. Es wurden im Zimmer Nr. 91 zu Zeiten, wo im Institut nirgends gearbeitet wurde, zunächst an einem einfachen Magnetometer die Deklinationsschwankungen, sodann am Vierstabvariometer die Änderungen der Horizontalintensität beobachtet. Es war aber nirgends ein Zusammenhang zwischen den erfolgten Ausschlägen und den vorüberfahrenden Wagen ersichtlich; direkte Wirkungen also äußerten die Leitung und die Wagen der Linie bis in die Entfernung des Instituts (200 m) nicht. Um ein möglichst unge-

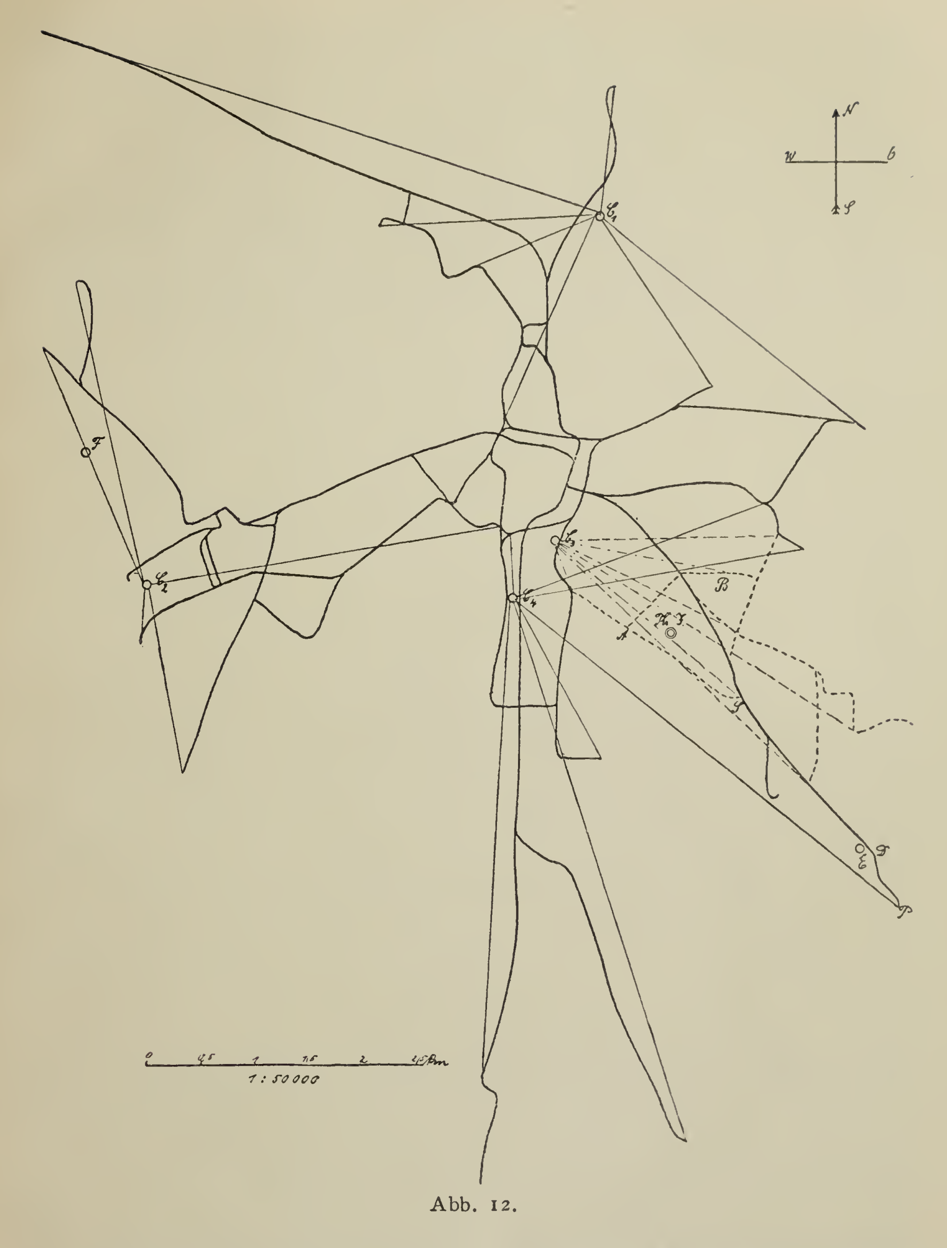


Abb. 12.

Anmerkung: Die stark ausgezeichneten Linien stellen das Liniennetz der „Leipziger Großen Straßenbahn“ dar, während die stark gestrichelten Linien einzelne für die Untersuchungen wichtige Strecken der „Leipziger Elektrischen Straßenbahn“ andeuten.

trübtes Bild von den Störungen des erdmagnetischen Feldes durch die elektrischen Bahnen zu erhalten, wurden weitere Messungen

außerhalb der Stadt, an einem durch keine sonstigen Anlagen oder durch andere Linien gestörten Platze vorgenommen. Als geeignet erwies sich die Linie Leipzig-Probstheida. Hinter dem Völkerschlachtdenkmal, kurz vor Probstheida, wurden links und rechts von dem Schienenstrang mit Hilfe des Kohlrauschschen Vierstabvariometers die Störungen der Horizontalintensität, sowie ihrer Komponenten parallel und senkrecht zur Linie gemessen. Südlich der Straßenbahn zeigten die Beobachtungen, die in den Anlagen der Südfriedhofsgärtnerei gemacht wurden, daß die direkten Wirkungen der Wagen bis in 100 m Entfernung diejenigen der vagabondierenden Ströme überwogen, und daß erst in größerem Abstand das Gegenteil eintrat. Wurde in den näher gelegenen Punkten der Magnetspiegel des Variometers beim Vorüberfahren des Wagens beunruhigt, so störte in den Punkten, die 180 m und weiter entfernt waren (Punkt E, Abb. 12), der Wagen im Augenblick des Vorbeifahrens die Nadel überhaupt nicht, sie wurde vielmehr erst dann aus ihrer Ruhe gebracht, wenn der Wagen in die Schleife (DP) nach Probstheida einfuhr. Es traten nämlich in diesem Augenblicke die vagabondierenden Ströme, die nach der Kraftquelle C_4 eilten, durch das Feld, in dem das Variometer stand, hindurch. Wenn auch nördlich der Straßenbahn in einem Gebiete, in dem man keine vagabondierenden Ströme mehr vermutete, dennoch in 210 m Entfernung von den Schienen Störungen bemerkt wurden, so findet dies seine Erklärung nur in der Feuchtigkeit der nahen großen, tiefen Sandgrube, durch die die Ströme in dieser Richtung abgelenkt wurden. An einem zweiten Punkt F (Abb. 12), außerhalb der Stadt, in der Gartenanlage des Schrebervereins zu Leutzsch, wurden nochmals Beobachtungen angestellt. Man befand sich dort in 400 m Entfernung von der Straßenbahn, wo eine direkte Einwirkung der Wagen natürlich ausgeschlossen war. Der Punkt F lag in einem Gebiet, durch das alle die Erdströme von den Linien nach Leutzsch und Gundorf, die nach der Kraftstation C_2 in Lindenau eilten, flossen. Es wurden an jenem Punkte wohl Schwankungen festgestellt, die die Größe der regulären zeitlichen Änderungen überschritten; da jedoch an dem betreffenden Tage das Wetter sehr wechselvoll war und der Verkehr auf den beiden Linien in den beiden Richtungen ein sehr reger ist, so konnte nicht angegeben werden, wie groß der Betrag der durch einen Wagen hervorgebrachten Störung war. Aus all den Messungen ging jedenfalls das eine hervor, daß nämlich die durch die elektrischen Bahnen hervorgebrachten Störungen zum größten Teile den Betrag der regelmäßigen täglichen Änderung von $\mathfrak{H}$ nicht erreichten und nur an ganz ungünstigen Punkten ihn um ein Geringes übertrafen.

Da die Lage der neuen Teilstrecke von der Johannisallee bis zur Reitzenhainerstraße Störungen erwarten ließ, so stellte das physikalische Institut die Forderung nach einer besonders guten Schienenrückleitung und nach einer möglichst guten Isolation der Schienen. Als im Frühjahr 1913 die neue Linie in Betrieb genommen wurde, zeigte es sich, daß das physikalische Institut doch stärker, als man erwartet hatte, in Mitleidenschaft gezogen worden war. Um die Ursachen der großen Störungen genau kennen zu lernen, verfuhr man auf folgende Weise. Im Zimmer Nr. 13, das zu ebener Erde gelegen

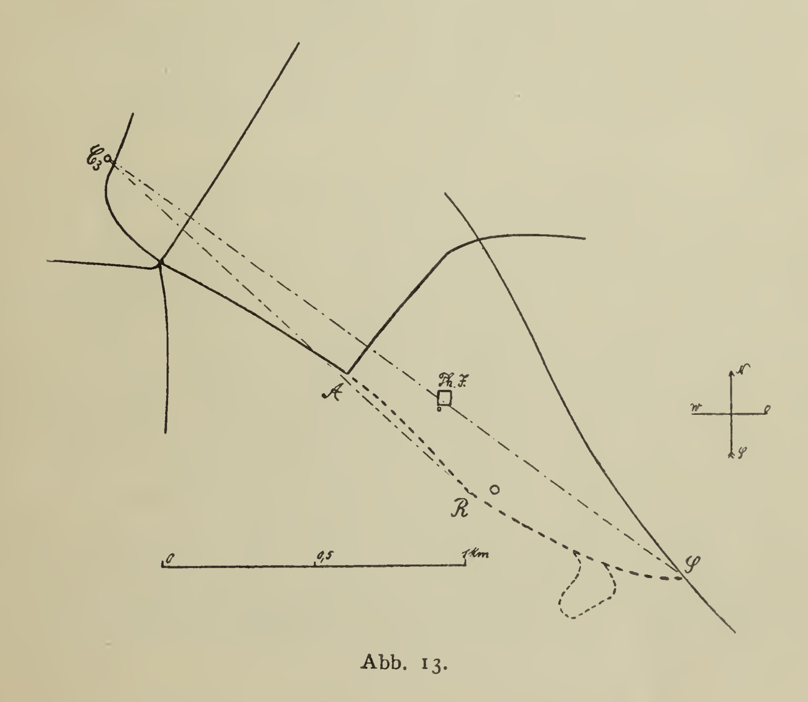


Abb. 13.

ist, wurde ein Vierstabvariometer aufgestellt. Der Beobachter dieses Instrumentes war über die Bewegung jedes Straßenbahnwagens, der die Strecke *A-R-S* (Abb. 13) durchfuhr, dadurch genau orientiert, daß ein Beobachtungsposten auf dem Turme durch Klingelzeichen angab, wann der Wagen eine bestimmte verabredete Stelle passierte. Es stellte sich nun heraus, daß, so lange die Wagen auf der Strecke *A-R* fuhren, nur geringe Störungen bemerkbar waren, daß aber die Nadel des Variometers sehr abgelenkt wurde, sobald die Wagen auf der Strecke *R-S* sich befanden, d. i. die Strecke zwischen der russischen Gedächtniskapelle und der Reitzenhainer Straße. Die Registrierungen in der magnetischen Warte bestätigten die Beobachtungen;

denn deutlich konnte man an den Kurven aller $6^1/_2$ bis $7^1/_2$ Minuten — die Wagen fuhren planmäßig aller $7^1/_2$ Minuten — größere Störungen sehen, die aber abends nach $^1/_2 11^h$ nach Einstellen des Betriebes sofort aufhörten, um früh gegen 6^h mit gewohnter Regelmäßigkeit wieder aufzutreten.

Unangenehmer für das physikalische Institut wurden die Störungen von Anfang Mai 1913 an, nach Eröffnung der internationalen Baufach-Ausstellung. Durch die vielen Sonderwagen, die die neue Strecke *A-R-S* und die vor dem Haupteingang der Ausstellung eingebaute Schleife — Anfang und Ende dieser Schleife sind zwischen den Punkten *R* und *S* — bis nach Mitternacht durchfuhren, wurde das magnetische Feld im physikalischen Institut derart gestört, daß manche Arbeiten nur zwischen 2^h nachts und 5^h früh vorgenommen werden konnten.

Um die Störungen zu vermindern, hatte die Direktion der Leipziger Elektrischen Straßenbahn sich bereit erklärt, das Stück der Leitung zwischen den Punkten *R* und *S* mit Einschluß der obengenannten Schleife an eine Zentrale im Osten der Stadt anzuschließen. Anfang November 1913 konnte nun die Strecke von dem Werk im Täubchenweg gespeist werden; die Beobachtungen und photographischen Registrierungen zeigten, daß durch diese Umschaltung die Störungen, die von der Strecke *R-S* herrührten, beseitigt waren. Um auch den noch etwas störenden Einfluß der Strecke *A-R* zu verringern, soll im März 1914 die ganze Strecke *A-R-S* an das für das physikalische Institut noch weit günstiger gelegene Werk in Stötteritz angeschlossen werden. Die Ergebnisse der Beobachtungen, die nach Beendigung der Umbauarbeiten gemacht werden, sollen dann an anderer Stelle veröffentlicht werden.

B. Die absoluten Messungen.

1. Bestimmung von $\mathfrak{H}$ nach der Gaußschen Methode.

Die Bestimmung der erdmagnetischen Horizontalintensität fand im Obergeschoß des Instituts statt, im Zimmer Nr. 91, das schon von Anfang an für magnetische Untersuchungen bestimmt war. Trotz der festgestellten relativ großen Störungen (S. 19) des Feldes mußten die Messungen in diesem Zimmer vorgenommen werden, da die Apparate, die sehr stabil und daher schwer zu transportieren waren, auch in den Übungen für Studierende benutzt wurden. Es ist $\mathfrak{H}$ nach der Gaußschen Methode bestimmt worden, und zwar konnte nach Lage

des Zimmers aus der ersten Gaußschen Hauptlage beobachtet werden. Längs des Fensters ruht auf zwei in die Mauer eingelassenen steinernen Konsolen ein schweres, stabiles Holzgestell, auf dem die Ablenkungsschiene angebracht ist, in deren Mitte sich der Schwingungskasten für den Magneten befindet; an seine Stelle tritt bei den Ablenkungsbeobachtungen ein einfaches, stark gedämpftes Magnetometer. Der zylindrische Ablenkungsmagnet hatte eine Länge von 10 cm, sein Trägheitsmoment K wurde aus seiner Schwingungsdauer mit und ohne Belastung bestimmt.[1])

Als Belastung dienten zwei Messingzylinder, die in 4,55 cm Entfernung von der Drehachse des Magneten aufgehängt waren. Die Zylinder hatten einen Durchmesser von 5,01 mm und ihr Gesamtgewicht betrug 50,221 gr. Es berechnete sich also:

$$K_1 = 50{,}221\,(4{,}55^2 + \tfrac{1}{2}\cdot 0{,}501^2)\ \text{gr cm}^2$$
$$= 1046{,}0\ \text{gr cm}^2.$$

Auf unendlich kleine Bogen reduziert, waren die entsprechenden Schwingungsdauern:

$$t = 7{,}021\ \text{sec},$$
$$t' = 12{,}354\ \text{sec};$$

daraus folgte für das Trägheitsmoment

$$K = 1046 \cdot \frac{7{,}021^2}{19{,}375 \cdot 5{,}333}\ \text{gr cm}^2 = 499{,}0\ \text{gr cm}^2.$$

Das Torsionsverhältnis ϑ des Aufhängefadens war 0,0058; mithin ergab sich für das Produkt aus dem magnetischen Moment M des Stabes und der Horizontalintensität $\mathfrak{H}$:

$$M \cdot \mathfrak{H} = \frac{K}{t^2\,(1+\vartheta)} = 99{,}34\ \text{cm}^2\ \text{gr sec}^{-2}.$$

Derselbe Magnet, dessen Schwingungsdauer beobachtet wurde, lenkte aus der ersten Gaußschen Hauptlage einen kleinen Magneten eines einfachen Magnetometers ab. Es wurde nun das Verhältnis $\frac{M}{\mathfrak{H}}$ nach dem Gaußschen Verfahren bestimmt[2]), indem aus zwei Entfernungen r und r' die Ablenkungen φ und φ' gemessen wurden. Es ist alsdann:

---

[1]) F. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik, 1905; S. 117.

[2]) F. Kohlrausch, Prakt. Physik, 1905, S. 351.

$$\frac{M}{\mathfrak{H}} = \frac{1}{2} \frac{r'^5 \cdot \operatorname{tg} \varphi' - r^5 \cdot \operatorname{tg} \varphi}{r'^2 - r^2}.$$

Da die Ablenkungen am Magnetometer mit Spiegel und Skala beobachtet wurden, so ist noch das Torsionsverhältnis ϑ_1 des Magnetometers zu berücksichtigen. Durch eine Torsion von 360^0 änderte sich die Einstellung des Magneten um 8,6′, so daß ϑ_1 sich bestimmte zu

$$\vartheta_1 = \frac{8{,}6'}{360^0 - 8{,}6'}, = \frac{0{,}144^0}{359{,}856^0} = 0{,}0004.$$

Der Skalenabstand betrug 2035 Skalenteile. Es ergab sich für die Entfernung von 64,4 cm als Mittel von vier Ablenkungen — zwei östlich und zwei westlich vom Magnetometer — eine Ablenkung von $2^0\ 1'\ 50''$ und für die Entfernung von 50, 4 cm eine solche von $4^0\ 16'\ 23''$. Skalenabstand: 2035 mm; Abstand des Magneten vom Magnetometer: 64,4 cm; Einstellung bei Skalenteil 389.

Lage des Magneten	Einstellung	Ablenkung	Mittel	Gesamtmittel
westlich	529	140	144	144,3
„ (umgek.)	241	148		
östlich	529,5	140,5	144,6	
„ (umgek.)	240,2	148,8		

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{144{,}3}{2 \,.\, 2035};\ \varphi = 2^0\ 1'\ 50''$$

Abstand des Magneten vom Magnetometer: 50,4 cm; Einstellung bei Skalenteil 389.

Lage des Magneten	Einstellung	Ablenkung	Mittel	Gesamtmittel
westlich	82	307	302,5	304,1
„ (umgek.)	687	298		
östlich	77	312	305,75	
„ (umgek.)	688,5	299,5		

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{304{,}1}{2 \,.\, 2035};\ \varphi' = 4^0\ 16'\ 23''$$

Da die Temperatur in dem Zimmer, in dem die Messungen stattfanden, sich konstant hielt, konnte von einer Temperaturkorrektion abgesehen werden. Es war nunmehr:

$$\frac{M}{\mathfrak{H}} = 4659{,}5 \text{ cm}^3$$

und

$$\mathfrak{H} = \sqrt{\frac{M \cdot \mathfrak{H}}{M : \mathfrak{H}}} = 0{,}1460 \text{ cm}^{-\frac{1}{2}} \text{ gr}^{\frac{1}{2}} \text{ sec}^{-1}.$$

Die Horizontalintensität ist an demselben Orte noch zu verschiedenen anderen Zeiten gemessen worden; dabei wurden folgende Werte erzielt:

am 2. Aug. 1911	0,1460	
„ 5. „ „	0,1458	und 0,1435
„ 10. Okt. „	0,1444	
„ 11. „ „	0,1424	„ 0,1423
„ 16. „ „	0,1432	
„ 3. Febr. 1912	0,1429	

Im allgemeinen fällt der geringe Betrag der Horizontalintensität auf; es rührt dies davon her, daß in dem Zimmer Nr. 91 längs des Fensters ein eiserner Träger läuft, der das magnetische Feld an jener Stelle außerordentlich schwächt. Die Messungen wurden nachmittags zwischen 4 und 5 Uhr vorgenommen, zu einer Zeit, in der das Minimum der Ablenkung vom Tagesmittel statthat. Nur am 2. August 1911 ist ausnahmsweise in den Vormittagsstunden beobachtet worden. Alle Messungen sind jedesmal auf die Zeit 5^h nachmittags und eine Temperatur von 15^0 zurückgeführt. Am 5. August 1911 und am 11. Oktober 1911 wurde hintereinander zweimal die Intensität gemessen. Die beträchtliche Differenz der beiden Werte am 5. August 1911 läßt sich nur durch eine ganz lokale Störung erklären, die sich auf das Zimmer Nr. 91 und die unmittelbaren Nachbarräume beschränkte, deren Ursache mir aber unbekannt geblieben ist. Jedenfalls ist zu jenem Zeitpunkt in der magnetischen Warte von dem Standinstrument keine so beträchtliche Störung registriert worden.

Um den wahren Wert der Horizontalintensität für Leipzig zu erhalten, mußte ein eisenfreier, sowie auch von anderen Störungen möglichst geschützter Platz außerhalb des Instituts aufgesucht werden. Zunächst wurde ein Feld, das südlich vom Institut zwischen dem Windmühlenweg und der Leipzig-Hofer Verbindungsbahn gelegen war, mit dem Lokalvariometer untersucht. Auf einer Fläche von ca. 2 ha wurden hier Abweichungen bis zu 4 % festgestellt. Da die über 200 m entfernte Bahn diese Unregelmäßigkeiten nicht hervorzubringen vermag, so konnten nur die von den elektrischen Bahnen nach Probst-

heida und Stötteritz herrührenden vagabondierenden Ströme die Ursache jener Störungen sein. Es mußte daher ein Platz gesucht werden, wo man außerhalb des Bereiches dieser Bahnströme sich befand. Hinter Probstheida, in Höhe des Monarchenhügels, wurde ein Feld untersucht, das zwischen den Chausseen nach Borna und Grimma sich befindet und dessen geographische Lage durch $\varphi = 51^0\ 17{,}3'$ und $\lambda = 12^0\ 26{,}4'$ bestimmt ist. Das Lokalvariometer zeigte hier, trotzdem auf dem großen Gelände an den verschiedensten Stellen gemessen worden war, nicht die geringsten Abweichungen an, so daß man annehmen konnte, daß an jener Stelle das natürliche erdmagnetische Feld vorlag.

An diesem störungsfreien Platz ist nun die Horizontalintensität bedeutend stärker als im Zimmer Nr. 91 des Instituts festgestellt worden. Nach den Messungen mit dem Lokalvariometer, die ebenfalls auf eine Temperatur von 15^0 zurückgeführt sind, verhalten sich die Intensitäten an den beiden genannten Punkten wie 1,0093 zu 0,7348. Im Anschluß an die Messung der absoluten Horizontalintensität am 16. Oktober 1911 bestimmte sich $\mathfrak{H}$ unter Berücksichtigung der Aufzeichnungen in der magnetischen Warte am 16. Oktober 1911 nachmittags 5^h zu $0{,}1431\ \text{cm}^{-\frac{1}{2}}\,\text{gr}^{\frac{1}{2}}\,\text{sec}^{-1}$; für jenen Zeitpunkt gilt dann, wenn man unter $\mathfrak{H}_0$ die Intensität an dem störungsfreien Platz versteht, die Gleichung:

$$\mathfrak{H}_0 : 0{,}1431 = 1{,}0093 : 0{,}7348.$$

Hieraus folgt:

$$\mathfrak{H}_0 = 0{,}1966\ \text{cm}^{-\frac{1}{2}}\,\text{gr}^{\frac{1}{2}}\,\text{sec}^{-1}.$$

Dieser Wert ist bedeutend höher als der aus den Angaben der letzten magnetischen Vermessung des Gebietes des Königreichs Sachsen bezogen auf die Epoche 1907,5 unter Berücksichtigung der jährlichen Änderungen abgeleitete Wert von $\mathfrak{H}$[1]; denn es wurden in der Umgebung von Leipzig damals Beträge von $\mathfrak{H}$ gefunden, die um 0,1930 herumliegen. Die wenig gute Übereinstimmung der angegebenen Werte ist bedingt durch die lokalen Störungen, die im Zimmer Nr. 91, wo die absoluten Messungen stattfanden, festgestellt worden sind.

Dem Institut stand noch ein Kohlrauschsches Bifilarmagnetometer zur Verfügung, mit dem der absolute Wert der Horizontalintensität gleichfalls bestimmt werden sollte. Obgleich die Messungen

[1]) Göllnitz, Die magnetische Vermessung des Gebietes des Königreichs Sachsen, Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen; Freiberg i. Sa., Jahrgang 1909.

an demselben Orte im Zimmer Nr. 91 vorgenommen wurden, an dem $\mathfrak{H}$ nach der Gaußschen Methode festgestellt war, so erhielt man trotz der größten Sorgfalt, mit der bei den Messungen verfahren wurde, Werte von $\mathfrak{H}$, die mit den auf die andere Weise gefundenen schwer in Einklang zu bringen waren. Es wurden daraufhin die Standplätze des Bifilarmagnetometers und des zur Messung erforderlichen einfachen Magnetometers mit dem Vierstabvariometer genauer untersucht; das Feld in $^1/_2$ m Entfernung vom Fenster war so gestört, daß, wenn nahe der Mitte des Fensters das Instrument eingestellt war, es in einem 1 m weiter westlich oder östlich gelegenen Punkte umschlug, so daß die Störungen nicht gemessen werden konnten. Auch der im Nebenraum zu den Beobachtungen am günstigsten scheinende Platz am mittleren Fenster wies solch große lokale Störungen auf einer Fläche von 3—4 qm auf, daß es angezeigt war, in den Zimmern Nr. 90 und 89 sowie in all den anderen Räumen des Obergeschosses von einer Bestimmung von $\mathfrak{H}$ nach der bequemen Bifilarmethode Abstand zu nehmen.

Die Messungen wurden nunmehr im Zimmer Nr. 32 vorgenommen, das sich als am wenigsten gestört erwiesen hatte. Durch Mangel an Platz bedingt, mußte das Unifilarmagnetometer, dessen kurze Magnetnadel vom Torsionsmodul ϑ vom Magneten des Bifilars aus der großen Entfernung r um den Winkel φ abgelenkt wurde, östlich und westlich vom Bifilar aufgestellt werden. $\mathfrak{H}$ bestimmte sich daher nach der Formel:[1])

$$\mathfrak{H}^2 = \frac{2D}{r^3(1+\vartheta)\left(1-{}^1/_2\dfrac{L^2}{r^2}\right)} \cdot \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\varphi} \cdot \left(1+\frac{\chi}{r^3}\right)\left(\cos\alpha + {}^1/_2 \operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\varphi\right).$$

Hierbei bedeutet L den Polabstand des Bifilarmagneten und χ das Verhältnis des Nadelmagnetismus zum Erdmagnetismus; α ist der Winkel, den die Vertikalebenen der oberen und unteren Aufhängepunkte miteinander bilden, nachdem der Magnet in die Bifilarsuspension eingelegt und in die Richtung O-W gebracht worden ist. D ist die Direktionskraft der bifilaren Aufhängung und setzt sich zusammen aus den Drehungsmomenten der Schwere, der Biegungs- und der Torsionselastizität.

Der zu den Messungen verwendete Bifilarmagnet, der ein Gewicht

---

[1]) F. Kohlrausch, Wied. Ann. 1882, Bd. XVII, S. 765.
F. Kohlrausch, Prakt. Physik, 10. Aufl., S. 353.

von 81,230 g hatte, hing an zwei 35,636 cm langen, 0,7155 cm voneinander entfernten Messingdrähten von 0,055 mm Durchmesser. Es berechnete sich daraus D zu 328,02. Bei den Messungen, die rasch hintereinander vorgenommen wurden, stand das Unifilarmagnetometer 75,0 cm, 90,7 cm und 92,0 cm vom Mittelpunkt des Bifilars entfernt. Für diese Entfernungen berechnete sich die Horizontalintensität zu

$$0{,}1909;\ 0{,}1910;\ 0{,}1913\ \mathrm{cm}^{-\frac{1}{2}}\ \mathrm{g}^{\frac{1}{2}}\ \mathrm{sec}^{-1},$$

im Mittel also zu 0,1911 $\mathrm{cm}^{-\frac{1}{2}}\ \mathrm{g}^{\frac{1}{2}}\ \mathrm{sec}^{-1}$.

Nach Beendigung der Messungen mit dem Bifilarmagnetometer wurde die Horizontalintensität sofort nochmals an demselben Orte nach der Gaußschen Methode bestimmt; und zwar erhielt man $\mathfrak{H} = 0{,}1918\ \mathrm{cm}^{-\frac{1}{2}}\ \mathrm{g}^{\frac{1}{2}}\ \mathrm{sec}^{-1}$.

$\mathfrak{H}_{\mathrm{Bifilar}}$ und $\mathfrak{H}_{\mathrm{Gauß}}$ auf den bereits oben erwähnten störungsfreien Platz am Monarchenhügel zurückgeführt, ergaben folgende Werte:

$$\mathfrak{H}_{0\,\mathrm{Bifilar}} = 0{,}1935\ \mathrm{cm}^{-\frac{1}{2}}\,\mathrm{g}^{\frac{1}{2}}\,\mathrm{sec}^{-1};\ \mathfrak{H}_{0\,\mathrm{Gauß}} = 0{,}1942\ \mathrm{cm}^{-\frac{1}{2}}\,\mathrm{g}^{\frac{1}{2}}\,\mathrm{sec}^{-1},$$

von denen der erstere Anspruch auf größere Genauigkeit machen kann,[1]) da das Kohlrauschsche bifilarmagnetische Verfahren nicht die Fehlerquellen zeigt, die der Gaußschen Methode anhaften. Bei der Gaußschen Methode werden die Messungen von $M \cdot \mathfrak{H}$ und $M : \mathfrak{H}$ nacheinander ausgeführt; in der Zwischenzeit ändern sich aber nun M und $\mathfrak{H}$. Da diese Korrektionen nur mühsam ermittelt werden können, so müssen sie meistens unberücksichtigt bleiben. Bei der Bifilarmethode werden die umständlichen Zeit-, und Trägheitsmomentsbestimmungen vermieden; eine Bestimmung der Intensität kann infolgedessen so schnell ausgeführt werden, daß die Beobachtungen der Temperaturschwankungen und ihr Einfluß auf den Magneten nicht erforderlich sind.

Die S. 37 angegebenen Werte von $\mathfrak{H}$ können genau genommen nicht miteinander verglichen werden, da nämlich die zeitlichen Variationen von $\mathfrak{H}$ auf eine längere Zeit nicht genau verfolgt werden konnten. Der Grund hierzu lag in der Registriervorrichtung, besonders in den als Lichtquelle dienenden Nernstlampen. Jedenfalls haben die Nernstbrenner im Laufe der Zeit für solche Zwecke sich als nicht sehr geeignet erwiesen. Erstens wurde des öfteren, durch

---

[1]) Wied. Ann. 1882, Bd. XVII, S. 741, 771.

Stromschwankungen veranlaßt, die Intensität des Lichtes derart gering, daß auf dem lichtempfindlichen Bromsilberpapier nichts von einer Kurve zu sehen war. Der zweite Übelstand, der fortgesetzt die Registrierung störte, war die ungleich lange Lebensdauer der einzelnen Brenner. Manche hielten 200 bis 300 Brennstunden aus, andere wieder waren nach zwei bis drei Tagen nicht mehr gebrauchsfähig. An allen Brennern wurde nämlich der kurze Platindraht, der in das Glühstäbchen eingelassen ist, herausgeschmolzen. Soweit ich beobachtet habe, hängt dieses Versagen der Brenner mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft zusammen; denn fast regelmäßig bei Witterungswechsel, die mit Niederschlägen verbunden waren, verlöschten die Lampen. Das Einsetzen eines jeden neuen Brenners bedingte eine neue Einstellung; bei der Einfachheit der zur Verfügung stehenden Hilfsmittel und durch den Umstand, daß man in der Zwischenzeit die Variationen nicht verfolgen konnte, war es unmöglich, die Kurven genau aneinander anzuschließen. Es ist nur wenige Male gelungen, ein über eine längere Zeit zusammenhängendes Bild vom Gange der Elemente des Erdmagnetismus zu erhalten. Die registrierten Kurven können streng genommen nur über den täglichen Gang der Elemente Aufschluß geben, wie wir weiter unten sehen werden.

2. Bestimmung der Deklination.

Die absolute Deklination wurde auf der Plattform des in der Südwestecke des Institutes gelegenen Turmes bestimmt. Es wurde der kleine magnetische Taschen-Theodolit verwendet, der von Prof. Edelmann in München nach Angaben des russischen Generals Tillo konstruiert ist. Die Einrichtung dieses sehr kompendiösen Instrumentes ähnelt in vieler Hinsicht derjenigen des Lamontschen Theodoliten, wie denn auch dessen Theorie unmittelbar auf dieses Instrument sich anwenden läßt. Der Edelmannsche Theodolit besteht im wesentlichen aus einem horizontalen Kreise, den man mittels Nonien bis auf 1′ genau ablesen kann, einem Fernrohr mit Gaußschem Okular und der Bussole, die leicht mit Hilfe einer Überfangmutter auf den Theodolitenuntersatz aufgeschraubt werden kann. Die Bussole besteht aus einem vertikalen Kupferzylinder, der stark die Bewegungen des mit einem Spiegel versehenen Magneten dämpft, und einer ca. 20 cm langen Suspensionsröhre.

Die Richtung des geographischen Meridians wurde durch den Auf- und Niedergang der Sonne durch das Fadenkreuz des Fern-

rohres beobachtet. Als Mire, d. h. als fester Punkt, an dem die Einstellung des Nullpunktes der Kreisteilung des Theodoliten geprüft werden konnte, diente ein im Süden von Leipzig sich befindender hoher Schornstein in der Nähe des städtischen Gaswerkes. Die Deklination wurde gegen 6^h abends gemessen, das ist zu einer Zeit, zu der die Deklination die geringste Abweichung vom Tagesmittel aufweist. Messungen fanden statt am 9. und 12. August 1911, sowie am 5. Juli 1912. An jedem Tage wurden in Zwischenräumen von 15 Minuten die Messungen mehrmals wiederholt. Als Mittel an jedem Tage ergaben sich $-8^0\,44'$, $-8^0\,43'$, $-8^0\,49'$; jedenfalls Werte, die um fast einen Bogengrad von denen abweichen, die bei der letzten magnetischen Landesvermessung für Leipzig gefunden worden sind. Also auch hier ist noch der Einfluß des Institutsgebäudes unverkennbar.

Ergebnisse aus den photographischen Aufzeichnungen.

Wie schon weiter oben angegeben, konnte der Gang der Elemente des Erdmagnetismus nicht über einen längeren Zeitraum ungestört verfolgt werden; außer den Störungen, durch das öftere Versagen der Nernstbrenner hervorgerufen, war es anfangs das schlechte Funktionieren der Zeitmarkierungsvorrichtung, die manche Aufzeichnung unbrauchbar machte. Verwendbare Registrierungen liegen vor von 32 Tagen im April und Mai des Jahres 1910, 86 vom Mai bis November 1911 und 110 vom Januar bis August 1912. Bei den registrierten Kurven kommen 84 mm Abszissenlänge auf eine Stunde; eine Verschiebung der $\mathfrak{H}$-kurve um 1 mm entspricht einer Änderung von 0,00015 $\mathfrak{H}$, während eine gleich große Verschiebung der D-kurve eine Variation von $3'\,15''$ anzeigt. Aus der großen Empfindlichkeit des Vierstabvariometers ergibt sich auch, daß die $\mathfrak{H}$-kurven viel stärker ausgeprägt und unruhiger sind als die D-Kurven (Abb. 14). Wie zu erwarten war, zeigten die Aufzeichnungen, was den täglichen Gang der Elemente betrifft, große Übereinstimmung mit den Registrierungen auf anderen magnetischen Stationen. So waren die Tage mit großen magnetischen Störungen, wie sie aus den Veröffentlichungen des Kgl. Preußischen Observatoriums entnommen worden sind, oder die die Direktion desselben Instituts auf eine Anfrage freundlichst mitteilte, auch in der Warte des Leipziger Instituts als solche deutlich registriert worden. Weiterhin ersah man an ruhigen Tagen die ausgeprägten Extremwerte von $\mathfrak{H}$ gegen 11^h vormittags und 8^h-9^h

abends; desgleichen zeigte es sich, daß nicht immer eine Störung des einen Elementes gleichzeitig die Störung des anderen zur Folge hatte. Die Tage mit großen magnetischen Störungen wurden sehr oft durch ein heftiges Zittern der Nadeln angekündigt, das sich erst einige Stunden nach Verlauf der Störung verlor.

Die Registrierungen in der magnetischen Warte dienten nicht dazu, ein möglichst genaues Bild von dem täglichen und jährlichen Verlauf der erdmagnetischen Elemente zu erhalten, um sie dann bei erdmagnetischen Arbeiten verwenden zu können; vielmehr kam es dem Institut nur darauf an, zu wissen, wie schnell und um welchen Betrag namentlich die Horizontalintensität in der Nähe des Institutes sich änderte; galt es doch festzustellen, ob die Änderungen so rasch

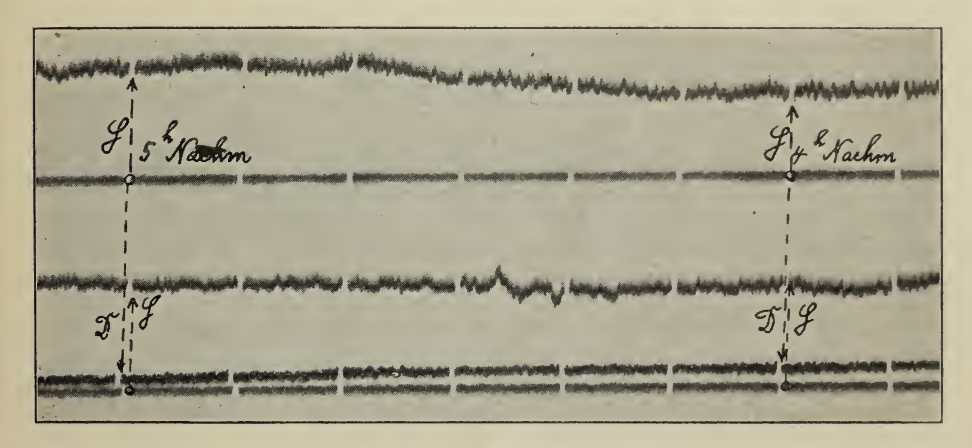


Abb. 14.

und groß wären, daß im Institut die Arbeiten mit den Spiegelgalvanometern stark beeinträchtigt würden.

An Tagen ohne jede größere Störung gingen die täglichen Änderungen ganz stetig vor sich und zwar betrug die Zunahme resp. Abnahme innerhalb 5 bis 10 Minuten höchstens 0,03 $^0/_0$; nur ganz selten sind an solchen störungsfreien Tagen, und dann nur in der Zeit von 5^h nachmittags bis 12^h nachts, Änderungen bis zu 0,06 $^0/_0$ innerhalb 10 Minuten festgestellt worden. Innerhalb eines Zeitraumes von einer Stunde schwankten die stetigen Änderungen zwischen den Grenzen 0,02 $^0/_0$ und 0,2 $^0/_0$.

An magnetisch unruhigen Tagen betrug die Änderung von $\mathfrak{H}$ innerhalb fünf oder zehn Minuten bis zu 0,1 $^0/_0$. Als Maximum der

Ablenkung in einer Zeit von 15 Minuten sind 0,45 % beobachtet worden; es ist dies ein Betrag, der an sehr gestörten Tagen, selbst innerhalb einer Stunde nur selten erreicht worden ist. Da eine Störung des erdmagnetischen Feldes um 0,45 % innerhalb 15 Minuten empfindliche magnetische Meßinstrumente nicht unbeeinflußt lassen kann, so ergibt sich aus den Registrierungen das eine: Sollen im Institute selbst sehr genaue Messungen vorgenommen werden, so ist es ratsam, sich genaue Kenntnis der Änderungen der horizontalen Komponente des Erdmagnetismus durch photographische Registrierungen zu verschaffen, damit die während einer großen Störung des umgebenden Feldes gefundenen Werte von einer weitergehenden Berechnung ausgeschlossen werden können.

Schlußbetrachtungen.

Die lokalen Untersuchungen haben gezeigt, daß das erdmagnetische Feld im Innern des physikalischen Instituts ein stark gestörtes ist. Es gibt Punkte, so namentlich in dem Nordflügel des Obergeschosses, in denen die Werte von $\mathfrak{H}$ bis zu 50 % voneinander verschieden sind.

Im Sockelgeschoß ist das Feld mit Ausnahme der extremen Werte an der Ostseite des Lichthofes nur wenig schwächer wie dasjenige außerhalb des Institutes, wo die Horizontalintensität den Betrag $0{,}1980\ \mathrm{cm}^{-\frac{1}{2}}\ \mathrm{sec}^{-1}\ \mathrm{gr}^{\frac{1}{2}}$ erreicht. In dem Zimmer Nr. 32 herrscht ungefähr die gleiche Stärke der Intensität wie außerhalb des Instituts. Am meisten geschwächt ist das Feld im Nord- und Südflügel des Obergeschosses; hier ist stellenweise das Feld um die Hälfte schwächer wie das Außenfeld; hingegen im Westflügel, in den Räumen des Praktikums für Mechanik und Optik, steigt die Intensität bis zu dem Betrage des äußeren Feldes an, ja übersteigt diesen stellenweise bis um 5 %.

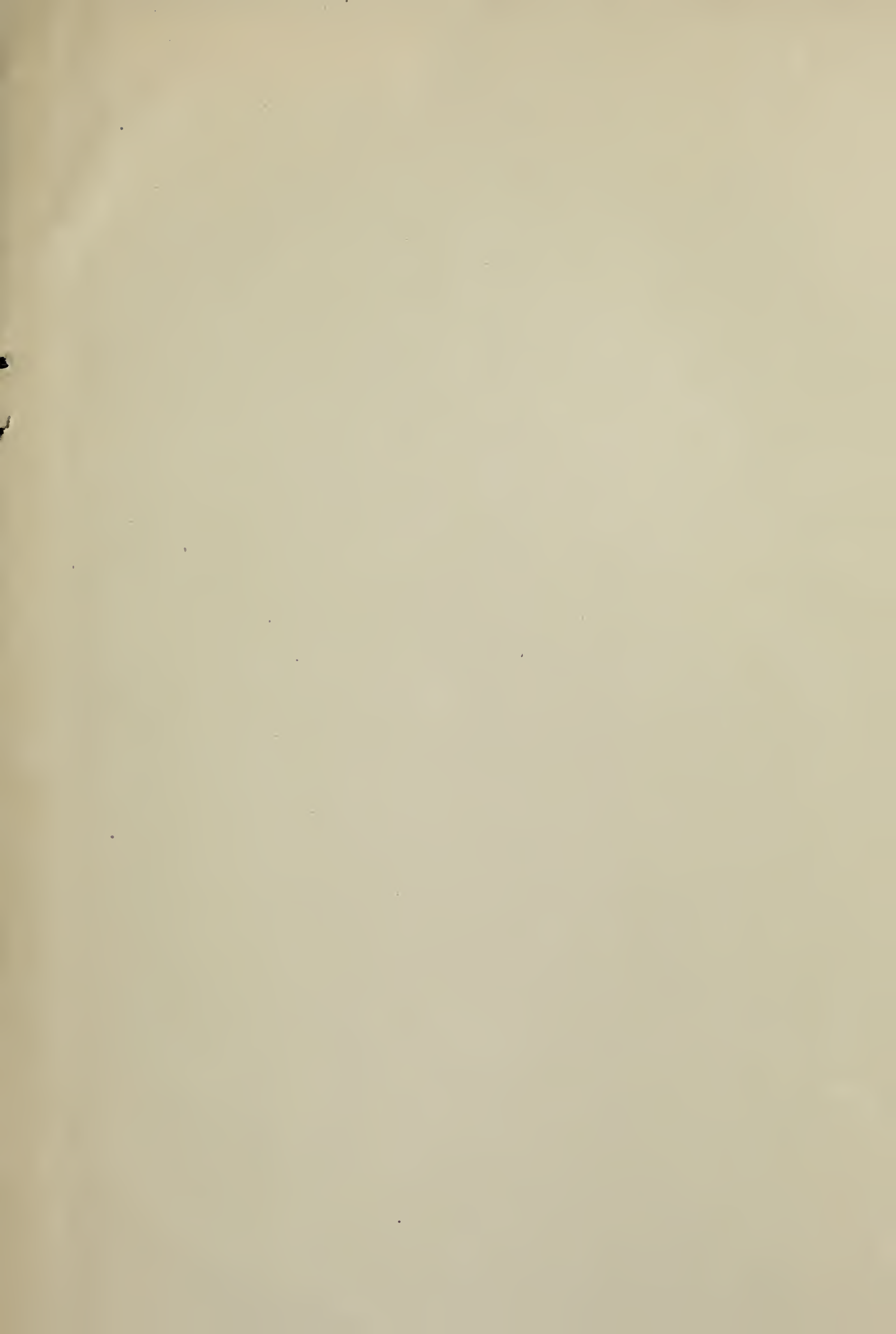
Von den sämtlichen Räumen im Institut dürfte zur Vornahme genauer magnetischer Messungen wohl nur das Zimmer Nr. 32 im Sockelgeschoß in Frage kommen, da die magnetische Warte, die ja auch relativ magnetisch ungestört ist, zu abgelegen und räumlich zu sehr beschränkt ist, und in ihr wegen ihrer leichten Bauart Witterungsänderungen sich leicht bemerkbar machen. Der Lichthof, namentlich in seinem mittleren Teile, ist auch verhältnismäßig örtlich magnetisch

ungestört, und somit neben dem Zimmer Nr. 32 der einzige Platz, der bei genauen magnetischen Untersuchungen in Betracht kommen könnte. Die Versuche haben gezeigt, daß die Eisenmassen der Heizungsanlage größere Störungen nur in dem dritten, östlich gelegenen Teile des Lichthofes hervorbrachten, daß aber die Eisenkonstruktion des Lichthofdaches das Feld des Obergeschosses so störend beeinflußte, wie es an keiner anderen Stelle des Instituts beobachtet worden ist. Jedenfalls sind die sämtlichen Räume des Obergeschosses zur Vornahme magnetischer Untersuchungen ungeeignet.

Lebenslauf.

Am 1. Juni 1885 bin ich, Otto Johannes Bier, evang.-luth. Konfession, als Sohn des Rechnungsrates Bier in Freiberg i. Sa. geboren, besuchte in Dresden die 5. Bürgerschule und die Drei-König-Schule, von Ostern 1898 ab das Realgymnasium in Freiberg, das ich Ostern 1904 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Ich ließ mich sodann an der Universität Leipzig immatrikulieren und widmete mich dem Studium der Mathematik, Physik und Chemie. Am 9. November 1908 legte ich die Prüfung für das Lehramt an höheren Schulen ab und bin seitdem im höheren Schuldienst Leipzigs tätig.

Die Anregung zu vorliegender Arbeit gab mir Herr Professor Wiener, und bin ich ihm sowie Herrn Professor Scholl für das rege Interesse, das sie der Arbeit allzeit entgegengebracht haben, und für tätige Unterstützung zu großem Danke verpflichtet.



3 0112 072879312